



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

PERENCANAAN OPRIT, TIMBUNAN, DAN PONDASI JEMBATAN BARU DI SUNGAI WULAN, JEPARA

DEDY MANUDIANTO
NRP 3111 100 001

MUHAMMAD REZA PAHLEVI GUNTUR
NRP 3111 100 080

Dosen Pembimbing
Ir. Suwarno, M.Eng
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

PERENCANAAN OPRIT, TIMBUNAN, DAN PONDASI JEMBATAN BARU DI SUNGAI WULAN, JEPARA

DEDY MANUDIANTO
NRP 3111 100 001

MUHAMMAD REZA PAHLEVI GUNTUR
NRP 3111 100 080

Dosen Pembimbing
Ir. Suwarno, M.Eng
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT (RC14-1501)

APPROACH, EMBANKMENT, AND NEW BRIDGE FOUNDATION DESIGN AT WULAN RIVER, JEPARA

DEDY MANUDIANTO
NRP 3111 100 001

MUHAMMAD REZA PAHLEVI GUNTUR
NRP 3111 100 080

Academic Supervisor
Ir. Suwarno, M.Eng
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

**PERENCANAAN OPRIT, TIMBUNAN, DAN
PONDASI JEMBATAN BARU DI SUNGAI WULAN,
JEPARA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Geoteknik
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

DEDY MANUDIANTO

NRP. 3111 100 039

MUHAMMAD REZA PAHLEVI GUNTUR

NRP. 3111 100 080

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Suwarno, M.Eng

(Pembimbing I)

2. Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

(Pembimbing II)

**SURABAYA
MEI, 2015**

PERENCANAAN OPRIT, TIMBUNAN, DAN PONDASI JEMBATAN BARU DI SUNGAI WULAN, JEPARA

Nama Mahasiswa : Dedy Manudianto
M. Reza Pahlevi Guntur
NRP : 3111 100 001
3111 100 080
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Suwarno, M.Eng
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

Abstrak

Meningkatnya “Level of Service” pada ruas jalan Trengguli-Wedelan, Jawa Tengah menjadikan perlunya dilakukan pembangunan jalan baru pesisir pantai, yang salah satunya melewati Kabupaten Jepara. Trase rencana tersebut berpotongan dengan Sungai Wulan yang memiliki lebar 100 meter. Maka dari itu dibutuhkan perencanaan timbunan jalan, oprit trapesium, oprit tegak, dan pondasi jembatan di kedua sisinya.

Dalam perencanaan ini tanah asli membutuhkan waktu ratusan tahun untuk selesai konsolidasi hingga 90%. Maka dari itu, dibutuhkan bantuan vertical drain berupa PVD untuk mempercepat waktu konsolidasi. Alternatif yang digunakan untuk timbunan jalan adalah geotextile dan micropile. Alternatif yang digunakan untuk oprit tegak adalah geotextile wall dan gravity wall. Dari masing-masing alternatif tersebut dihitung biaya material yang paling sedikit, dan kemudian disimpulkan menjadi alternatif perkuatan yang dipakai. Pondasi jembatan dan pilar harus direncanakan mampu berduri melawan gaya-gaya luar yang bekerja. Diameter tiang pancang yang dihitung antara lain diameter 40 cm, 50 cm, 60 cm, dan 80 cm. Dari masing-masing diameter tersebut dihitung biaya material yang paling sedikit,

dan kemudian disimpulkan menjadi alternatif perkuatan yang dipakai.

Dari hasil perhitungan disimpulkan bahwa pada timbunan jalan dan oprit trapesium, alternatif perkuatan yang digunakan adalah geotextile. Sedangkan pada timbunan tegak, alternatif perkuatan yang digunakan adalah geotextile wall. Sedangkan diameter tiang pancang yang digunakan untuk kedua sisi abutment dan pilar adalah bervariasi, dengan jumlah dan kedalaman tertentu.

Kata Kunci: Sungai Wulan, timbunan jalan, oprit trapesium, oprit tegak, PVD, geotextile, micropile, geotextile wall, gravity wall, pondasi jembatan.

APPROACH, EMBANKMENT, AND NEW BRIDGE FOUNDATION DESIGN AT WULAN RIVER, JEPARA

Student Name : Dedy Manudianto
M. Reza Pahlevi Guntur
NRP : 3111 100 001
3111 100 080
Department : Teknik Sipil FTSP-ITS
Academic Supervisor : Ir. Suwarno, M.Eng
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

Abstract

The increase of the Level of Service on the access road Trengguli-Wedelan, Central Java, causing the need of new coastal road, which one is passes through the district of Jepara. The plan of the road intersects by River Wulan which has a 100 meters width. So the plan takes on road embankment, trapezoid approach, endlong approach, and the bridge foundations design on both sides.

In this calculation design, the native soil takes hundreds of years to complete the consolidation up to 90%. Therefore, it needs the help of vertical drain in the form of PVD to accelerate the consolidation matter. Alternatives that applied for road embankment are geotextile and micropile. Alternatives that applied oprit are geotextile wall and gravity wall. Each of these alternatives calculated due the lowest material costs, and then concludetd to be the used alternative reinforcement. The bridge foundation and pillars must be planned capable to resist the outside forces. The diameter of piles that diameter calculated were of 40 cm, 50 cm, 60 cm, and 80 cm. Each of these diameter calculated due the lowest material costs, and then concludetd to be the used alternative reinforcement.

From the calculation results it concluded that the road embankment and trapezoid approach, the reinforcement alternative that used is geotextile. While on the endlong approach, the alternative reinforcement that used was geotextile wall. While the diameter piles are used for both sides of the abutments and pillars are variety with a certain quantity and depth.

Keywords: Wulan River, road embankment, trapezoid approach, endlong approach, PVD, geotextile, micropile, geotextile wall, Gravity wall, bridge foundation.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum.wr.wb

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat, taufiq dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Timbunan Jalan, Oprit, dan Pondasi Jembatan Baru Sungai Wulan, Jepara” ini tepat pada waktunya.

Tugas akhir ini diajukan sebagai persyaratan gelar kesarjanaan jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berharap tugas akhir ini dapat berguna bagi semua pihak dalam pengaplikasian ilmu dan teknologi dalam masyarakat. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat kekurangan, untuk itu segala saran dan masukan tentang penulisan tugas akhir ini sangat diharapkan.

Adapun dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini kedua penulis memperoleh bantuan dan bimbingan serta banyak dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya
2. Nabi Muhammad SAW yang menjadi sosok figur dan motivasi penulis.
3. Kedua orangtua Penulis I, Bapak Sugir Manuarto dan Ibu Ketut Mardiani atas motivasi dan pengingat setia untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Kedua orang tua Penulis II, Bapak Burhanuddin Guntur dan Ibu Marlina Muchlis, yang telah memberi kasih sayang, doa dan dukungan yang tiada henti.
5. Segenap keluarga besar penulis II yang telah memberikan doa dan dukungan yang begitu besar.
6. Bapak Ir. Suwarno, M.Eng selaku dosen pembimbing I atas bimbingan dan ilmu yang sangat banyak dalam pengerjaan dan penyelesaian tugas akhir, yang juga menjadi sosok *engineer* bagi Penulis I.
7. Ibu Yudhi Lastiasih, ST., MT selaku dosen pembimbing II atas bimbingan dan bantuan dalam pengerjaan dan

- penyelesaian tugas akhir, dan juga atas kesabarannya menghadapi kedua penulis dengan penuh kesabaran.
8. Segenap dosen jurusan teknik sipil ITS yang telah memberi ilmu pelajaran, kritik, dan masukan selama masa perkuliahan penulis.
 9. Teman-teman jurusan teknik sipil ITS angkatan 2011 yang telah memberi dukungan dan semangat selama masa perkuliahan penulis.
 10. Rekan Penulis I dari SMA, Ellsa, atas pinjaman odner yang sangat membantu keberlangsungan sidang Tugas Akhir. Dan juga atas *sharing* keagamaan, dan inspirasi-inspirasinya. Juga yang sudah mengambil konsumsi untuk sidang.
 11. Untuk Desak, yang sudah membantu mengambil konsumsi sidang dan semangat-semangatnya.
 12. Untuk Danang atas printernya yang luar biasa.
 13. Teman-teman sejawat Kerajaan Bumi 2011: Galih yang selalu bisa dititipkan tas saat ada panggilan adzan, Sefi dan Reta yang semangatnya selalu menginspirasi , Bobby yang membuat penulis ceria dalam mengerjakan Tugas Akhir ini, Dewa Angga dan Cicha atas ilmu dan file-file yang sangat membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini, juga untuk Alfin, Wahyu, Dave, Dewa Angga, Cicha, Adam, Radit.
 14. Teman-teman satu angkatan S-54 2011 yang sangat kompetitif dan membanggakan.
 15. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Walaupun jauh dari sempurna harapan saya semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi rekan-rekan sedisiplin ilmu. Penulis juga memohon maaf atas kekurangan yang ada pada buku tugas akhir ini.

Wassalamualaikum wr wb

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------|
| Halaman Judul..... | i |
| <i>Title Page</i> | ii |
| Lembar Pengesahan..... | iii |
| Abstrak | iv |
| <i>Abstract</i> | vi |
| Kata Pengantar | viii |
| Daftar Isi | x |
| Daftar Gambar | xv |
| Daftar Tabel | xviii |
| Daftar Lampiran | xxii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan | 4 |
| 1.4 Batasan Masalah | 5 |
| 1.5 Manfaat | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 Permasalahan Pembangunan Konstruksi di Atas Tanah Lunak | 7 |
| 2.2 Pemampatan (Settlement) | 7 |
| 2.2.1 Pemampatan Konsolidasi (<i>Consolidation Settlement</i>)..... | 7 |
| 2.2.2 Penambahan Tegangan (ΔP) pada Tanah | 10 |
| 2.2.3 Asumsi Beban Lalu Lintas | 11 |
| 2.2.4 Tinggi Timbunan Awal (H_{inisial}) | 11 |
| 2.2.5 Kecepatan Waktu Konsolidasi | 12 |
| 2.2.6 Tinggi Timbunan yang Diizinkan | 13 |
| 2.2.7 Perhitungan Stabilitas Timbunan | 13 |
| 2.4 Metode Percepatan Pemampatan Tanah dengan <i>Vertical Drain</i> | 13 |
| 2.5 Metode Perkuatan Tanah dengan Geotextile | 20 |
| 2.5.1 Bahan Geosynthetic | 20 |
| 2.5.2 Perencanaan Timbunan dengan Perkuatan | |

| | | |
|------|--|----|
| | Geotextile..... | 21 |
| 2.6 | Metode Perkuatan Tanah dengan Cerucuk/Micropile .. | 26 |
| 2.7 | Metode Perkuatan Geotextile Wall | 31 |
| | 2.7.1 Prinsip Geotextile untuk Dinding Penahan Tanah | 31 |
| | 2.7.2 Tekanan Tanah Lateral..... | 34 |
| | 2.7.1.1 Tekanan Lateral Aktif | 35 |
| | 2.7.1.2 Tekanan Lateral Pasif..... | 36 |
| 2.8 | Pembebanan Dinding Penahan Tanah | 37 |
| 2.9 | Kontrol Syarat Kestabilan Dinding Penahan Tanah | 37 |
| | 2.9.1 Kontrol Terhadap Geser..... | 37 |
| | 2.9.2 Kontrol Terhadap Daya Dukung Sebagai Pondasi | 38 |
| 2.10 | Daya Dukung Tiang Pancang..... | 40 |
| | 2.10.1 Perumusan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang..... | 40 |
| | 2.10.2 Perencanaan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan SPT Lapangan..... | 40 |
| | 2.10.3 Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang Pancang..... | 42 |
| | 2.10.4 Ketahanan Pondasi Tiang Pancang terhadap Gaya Lateral..... | 42 |
| 2.11 | Alinyemen Horizontal | 49 |
| | 2.11.1 Gaya Sentrifugal | 49 |
| | 2.11.2 Kemiringan Melintang Normal | 51 |
| | 2.11.3 Lengkung Peralihan | 52 |
| | 2.11.4 Landai Relatif | 52 |
| | 2.11.5 Bentuk Lengkung / Tikungan Horizontal | 54 |
| 2.12 | Alinyemen Vertikal..... | 59 |
| | 2.12.1 Alinyemen Vertikal Cembung | 60 |
| | 2.12.2 Alinyemen Vertikal Cekung..... | 61 |
| | BAB III METODOLOGI | 65 |
| 3.1 | Bagan Alir..... | 65 |

| | | |
|---|--|-----|
| 3.2 | Studi Literatur | 66 |
| 3.3 | Pengumpulan dan Analisa Data..... | 66 |
| 3.4 | Perhitungan Beban | 66 |
| 3.5 | Menghitung Pemampatan Tanah yang Terjadi | 67 |
| 3.6 | Merencanakan Jenis Perbaikan Tanah Dasar..... | 67 |
| 3.7 | Merencanakan Pondasi Jembatan (Abutmen dan Pilar) beserta Timbunan dan Oprit Jembatan | 67 |
| 3.8 | Merencanakan Timbunan Jalan dan Oprit Trapeسيوم Jembatan..... | 67 |
| 3.9 | Merencanakan Timbunan Oprit Tegak Jembatan | 68 |
| 3.10 | Kesimpulan dan Saran..... | 68 |
| BAB IV DATA PERENCANAAN | | 69 |
| 4.1 | Data Tanah Asli | 69 |
| 4.2 | Data Timbunan Jalan..... | 73 |
| 4.3 | Data Timbunan Oprit Trapesium..... | 73 |
| 4.4 | Data Timbunan Oprit Tegak..... | 74 |
| 4.5 | Data Jembatan | 74 |
| 4.6 | Data Tiang Pancang | 74 |
| 4.7 | Data <i>Geotextile</i> | 74 |
| 4.8 | Data <i>Micropile</i> | 75 |
| 4.9 | Data <i>Vertical Drain</i> | 75 |
| BAB V PERHITUNGAN PERENCANAAN TIMBUNAN JALAN DAN OPRIT | | 77 |
| 5.1 | Perencanaan Timbunan Jalan | 77 |
| 5.1.1 | Perhitungan Tinggi Awal (H_{inisial}) Timbunan | 78 |
| 5.1.2 | Perhitungan Waktu Konsolidasi (t) | 82 |
| 5.1.3 | Perencanaan Prefabricated Vertical Drain (PVD)..... | 83 |
| 5.1.4 | Perencanaan Perkuatan Timbunan | 88 |
| 5.1.4.1 | Perencanaan Perkuatan <i>Geotextile</i> | 92 |
| 5.1.4.2 | Perencanaan Perkuatan <i>Micropile</i> | 95 |
| 5.2 | Perencanaan Timbunan Oprit Trapesium..... | 101 |
| 5.2.1 | Perhitungan Tinggi Awal (H_{inisial}) Timbunan .. | 101 |
| 5.2.2 | Perhitungan Waktu Konsolidasi (t) | 101 |
| 5.2.3 | Perencanaan Prefabricated Vertical Drain | |

| | | |
|--------|---|-----|
| | (PVD)..... | 101 |
| 5.2.4 | Perencanaan Perkuatan Timbunan | 102 |
| 5.2.5 | Perencanaan Perkuatan Timbunan Oprit | |
| | Trapeسيوم | 105 |
| | 5.2.5.1 Perencanaan Perkuatan Geotextile | 105 |
| | 5.1.5.2 Perencanaan Perkuatan Micropile | 105 |
| 5.3 | Perencanaan Timbunan Tegak | 106 |
| 5.3.1 | Perhitungan Tinggi Awal (Hinisial) Timbunan .. | 107 |
| 5.3.2 | Perhitungan Waktu Konsolidasi (t) | 108 |
| 5.3.3 | Perencanaan <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD)..... | 109 |
| 5.3.4 | Perencanaan Perkuatan Timbunan | 109 |
| | 5.3.4.1 Perencanaan <i>Getotextile Wall</i> | 109 |
| | 5.3.4.2 Perencanaan <i>Gravity Wall</i> | 114 |
| 5.3.5 | Perhitungan Biaya Masing-Masing Perkuatan ... | 118 |
| BAB VI | PERENCANAAN ABUTMENT DAN PILAR | 119 |
| 6.1 | Perencanaan Abutment..... | 119 |
| 6.1.1 | Data Perencanaan..... | 119 |
| 6.1.2 | Pembebanan | 119 |
| 6.1.3 | Kontrol Stabilitas Guling | 130 |
| 6.1.4 | Perencanaan Tiang Pancang..... | 131 |
| 6.1.5 | Penentuan Tiang Pancang yang Digunakan | 135 |
| 6.1.6 | Perhitungan Penulangan Abutment | 135 |
| 6.2 | Perencanaan Abutment A-2 | 138 |
| 6.2.1 | Data Perencanaan..... | 138 |
| 6.2.2 | Pembebanan | 139 |
| 6.2.3 | Kontrol Stabilitas Guling | 139 |
| 6.2.4 | Perencanaan Tiang Pancang..... | 140 |
| 6.2.5 | Penentuan Tiang Pancang yang Digunakan | 141 |
| 6.2.6 | Perhitungan Penulangan Abutment | 141 |
| 6.3 | Perencanaan Pilar | 141 |
| 6.3.1 | Data Perencanaan..... | 142 |
| 6.3.2 | Analisa <i>Scouring</i> | 142 |
| 6.3.3 | Pembebanan | 143 |
| 6.3.4 | Kontrol Stabilitas Guling | 150 |

| | |
|--|-----|
| 6.3.5 Perencanaan Tiang Pancang..... | 151 |
| 6.3.6 Penentuan Tiang Pancang yang Digunakan | 156 |
| 6.3.7 Perhitungan Penulangan Pilar | 156 |
| BAB VII PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN | 159 |
| 7.1 Perencanaan Alinyemen Horizontal | 159 |
| 7.2 Perencanaan Alinyemen Vertikal | 162 |
| BAB VIII PENUTUP | 167 |
| 8.1 Kesimpulan | 167 |
| 8.2 Saran | 169 |
| Daftar Pustaka | 171 |
| Lampiran | 173 |
| Biodata Penulis..... | 198 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|---|-----|
| Tabel 1.1 | Rekapitulasi <i>Level of Service</i> Ruas Jalan Trengguli-Wedelan Tahun 2014, 2019, dan 2024... | 1 |
| Tabel 2.1 | Tabel Faktor Waktu Terhadap Derajat Konsolidasi..... | 12 |
| Tabel 2.2 | Angka Kemanaan untuk Menghitung T_{allow} | 25 |
| Tabel 2.3 | Hambatan antar Tanah dan pondasi | 38 |
| Tabel 2.4 | Harga N_y , N_c , N_q (Caquot dan Kerisel) | 39 |
| Tabel 2.5 | Nilai kelandaian relatif maksimum (Bina Marga)... | 53 |
| Tabel 2.6 | Standar Jari-Jari Minimum | 54 |
| Tabel 2.7 | Kecepatan Rencana dan Jari-Jari Lengkung Minimum SCS..... | 56 |
| Tabel 2.8 | Kecepatan Rencana dan Jari-Jari Lengkung Minimum SS..... | 59 |
| Tabel 2.9 | Hubungan Kelandaian dan Panjang Kritis | 60 |
| Tabel 2.10 | e dan L_s Metode Bina Marga..... | 63 |
| Tabel 4.1 | Parameter Tanah Dasar Sebelum Sungai | 69 |
| Tabel 4.2 | Parameter Tanah Dasar Sesudah Sungai..... | 70 |
| Tabel 4.3 | Hasil Perhitungan C_u , CC , Ch , γ_{sat} , dan γ' Sebelum Sungai | 71 |
| Tabel 4.4 | Hasil Perhitungan C_u , CC , Ch , γ_{sat} , dan γ' Sesudah Sungai..... | 72 |
| Tabel 5.1 | Kombinasi Zona <i>Initiation</i> dan <i>Termination</i> pada Analisis Program Bantu XSTABL | 89 |
| Tabel 5.2 | Hasil Anilisis Kelongsoran Seluruh Kombinasi..... | 90 |
| Tabel 5.3 | Tabel Hasil Perhitungan Jumlah Kebutuhan Total dan Total Biaya <i>Geotextile</i> Timbunan Jalan | 95 |
| Tabel 5.4 | Tabel Hasil Perhitungan Jumlah Kebutuhan, Jarak Pemasangan, dan Total Biaya <i>Micropile</i> Timbunan Jalan | 100 |
| Tabel 5.5 | Hasil Anilisis Kelongsoran Seluruh Kombinasi | 102 |
| Tabel 5.6 | Tabel Hasil Perhitungan Jumlah Kebutuhan Total dan Total Biaya <i>Geotextile</i> Timbunan Jalan | 105 |

| | | |
|------------|---|-----|
| Tabel 5.7 | Tabel Hasil Perhitungan Jumlah Kebutuhan, Jarak Pemasangan, dan Total Biaya <i>Micropile</i> Timbunan Oprit Trapesium | 106 |
| Tabel 5.8 | Hasil Perhitungan Kebutuhan Panjang Geotekstil untuk Sisi Sebelum Sungai | 111 |
| Tabel 5.9 | Hasil Perhitungan Kebutuhan Panjang Geotekstil untuk Sisi Setelah Sungai | 112 |
| Tabel 5.10 | Hasil Perhitungan Kontrol Terhadap Guling | 113 |
| Tabel 5.11 | Hasil Perhitungan Kontrol Terhadap Guling | 113 |
| Tabel 5.12 | Hasil Perhitungan Kontrol Terhadap Daya Dukung Pondasi | 114 |
| Tabel 5.13 | Hasil Perhitungan Tegangan Tanah | 114 |
| Tabel 5.14 | Hasil Perhitungan Momen Dorong | 115 |
| Tabel 5.15 | Hasil Perhitungan Momen Penahan | 115 |
| Tabel 5.16 | Rekap Beban <i>Gravity Wall</i> | 116 |
| Tabel 5.17 | Hasil Kontrol Geser | 116 |
| Tabel 5.18 | Hasil Perencanaan Tiang Pancang | 116 |
| Tabel 5.19 | Hasil Perhitungan Momen Maksimum | 117 |
| Tabel 5.20 | Biaya Perkuatan <i>Geotextile</i> | 118 |
| Tabel 5.21 | Biaya Perkuatan Tiang Pancang pada <i>Gravity Wall</i> | 118 |
| Tabel 6.1 | Beban Sendiri Struktur Atas | 120 |
| Tabel 6.2 | Perhitungan Beban Sendiri Abutmen | 121 |
| Tabel 6.3 | Perhitungan Tekanan Tanah | 122 |
| Tabel 6.4 | Tabel 6.4 Perhitungan Beban Gempa Arah Memanjang | 127 |
| Tabel 6.5 | Kombinasi Pembebanan Bangunan Bawah Jembatan | 129 |
| Tabel 6.6 | Hasil Perhitungan Kombinasi Pembebanan Abutment A-1 | 129 |
| Tabel 6.7 | Stabilitas Guling Arah X | 130 |
| Tabel 6.8 | Stabilitas Guling Arah Y | 130 |
| Tabel 6.9 | Hasil Perhitungan Kombinasi Tiang Pancang D40, D50, D60 pada Abutment A-1 | 131 |
| Tabel 6.10 | Hasil perhitungan Pmax Tiang Pancang | |

| | |
|--|-----|
| pada Abutment A-1 | 132 |
| Tabel 6.11 Hasil Perhitungan Kedalaman Tiang Pancang Rencana untuk Abutment A-1 | 133 |
| Tabel 6.12 Hasil Perhitungan Kontrol Tiang Pancang Rencana pada Abutment A-1 | 135 |
| Tabel 6.13 Harga Masing-Masing Tiang Pancang yang Dipakai | 135 |
| Tabel 6.14 Hasil Perhitungan Kombinasi Pembebanan Abutment A-2 | 139 |
| Tabel 6.15 Stabilitas Guling Arah X untuk Abutment A-1 | 140 |
| Tabel 6.16 Stabilitas Guling Arah Y untuk Abutment A-2 | 140 |
| Tabel 6.17 Kedalaman Tiang Pancang untuk Abutment A-2 | 140 |
| Tabel 6.18 Hasil Kontrol Tiang Pancang untuk Abutment A-2 | 141 |
| Tabel 6.19 Kebutuhan Biaya Tiang Pancang untuk Abutment A-2 | 141 |
| Tabel 6.20 Penlangan Abutment A-2 | 141 |
| Tabel 6.21 Beban Sendiri Struktur Atas (I-160) | 143 |
| Tabel 6.22 Beban Sendiri Struktur Atas (I-210) | 143 |
| Tabel 6.23 Perhitungan Beban Sendiri Abutmen | 144 |
| Tabel 6.24 Perhitungan Beban Gempa Arah Memanjang | 149 |
| Tabel 6.25 Hasil Perhitungan Kombinasi Pembebanan Abutment A-1 | 150 |
| Tabel 6.26 Stabilitas Guling Arah X | 151 |
| Tabel 6.27 Stabilitas Guling Arah Y | 151 |
| Tabel 6.28 Hasil Perhitungan Kombinasi Tiang Pancang D40, D50, D60 pada Pilar | 152 |
| Tabel 6.29 Hasil perhitungan Pmax Tiang Pancang pada Pilar | 153 |
| Tabel 6.30 Hasil Perhitungan Kedalaman Tiang Pancang Rencana untuk Pilar | 154 |
| Tabel 6.31 Hasil Perhitungan Kontrol Tiang Pancang Rencana pada Abutment A-1 | 155 |
| Tabel 6.32 Harga Masing-Masing Tiang Pancang yang | |

| | | |
|-----------|---|-----|
| | Dipakai | 156 |
| Tabel 7.1 | Hasil Persamaan Umum Lengkung Vertikal pada STA 28+513 | 164 |

DAFTAR GAMBAR, GRAFIK, DAN DIAGRAM

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 1.1 | Rencana Trase Jalan Baru Pesisir Pantai | 2 |
| Gambar 1.2 | Detail Trase Jalan STA 28+513 s/d STA 29+020 | 3 |
| Gambar 2.1 | Visualisasi dan Notasi ΔP | 10 |
| Gambar 2.2 | Kondisi Tanah Lunak yang Mengalami Konsolidasi | 15 |
| Gambar 2.3 | Dua Pola Susunan Pemasangan <i>Vertical Drain</i> | 17 |
| Gambar 2.4 | Ekuivalen Diameter untuk PVD | 18 |
| Gambar 2.5 | Konsep Dasar <i>Reinforced Soil System</i> | 22 |
| Gambar 2.6 | Model Kelongsoran untuk <i>Overall Stability</i> | 23 |
| Gambar 2.7 | Gaya-Gaya yang Bekerja untuk <i>Overall Stability</i> | 24 |
| Gambar 2.8 | Asumsi Gaya yang Diterima Cerucuk | 27 |
| Gambar 2.9 | Harga f untuk Berbagai Jenis Tanah | 28 |
| Gambar 2.10 | Grafik untuk Mencari Harga F_M | 30 |
| Gambar 2.11 | Proses Pelaksanaan Dinding Penahan Tanah dengan Penggunaan Geotekstil sebagai <i>Reinforcement</i> | 31 |
| Gambar 2.12 | Prinsip Beban yang Bekerja pada <i>Geotextile Wall</i> | 32 |
| Gambar 2.13 | External Stability pada Geotextile Walls | 34 |
| Gambar 2.14 | Prosedur Desain untuk Masing-Masing Kondisi | 45 |
| Gambar 2.15 | Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi I | 46 |
| Gambar 2.16 | Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang | |

| | | |
|-------------|--|-----|
| | yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi II | 47 |
| Gambar 2.17 | Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi III | 48 |
| Gambar 2.18 | Gaya – Gaya yang Bekerja pada Lengkung Horizontal | 50 |
| Gambar 2.19 | Korelasi antara Derajat Lengkung D dan Radius Lengkung R | 51 |
| Gambar 2.20 | Bentuk Tikungan <i>Circle</i> | 54 |
| Gambar 2.21 | Bentuk Tikungan Spiral- <i>Circle</i> -Spiral | 56 |
| Gambar 2.22 | Bentuk Tikungan Spiral | 58 |
| Gambar 2.23 | Alinyemen Vertikal Cembung | 60 |
| Gambar 2.24 | Alinyemen Vertikal Cekung | 61 |
| Gambar 3.1 | Diagram Alir Tugas Akhir | 65 |
| Gambar 5.1 | Pembagian Lapisan Tanah Dasar Setiap 1m | 77 |
| Gambar 5.2 | Grafik Hubungan H_{final} dengan $H_{inisial}$ | 81 |
| Gambar 5.3 | Grafik Hubungan H_{final} dengan <i>Settlement</i> | 82 |
| Gambar 5.4 | Grafik Hubungan U dengan Waktu Timbunan dengan PVD Pola Segiempat | 85 |
| Gambar 5.5 | Grafik Hubungan U dengan Waktu Timbunan dengan PVD Pola Segitiga | 87 |
| Gambar 5.6 | Pembagian Zona Simulasi Program XSTABL pada Timbunan Jalan | 89 |
| Gambar 5.7 | Gambar Hasil Analisis Kelongsoran untuk Timbunan Jalan | 92 |
| Gambar 5.8 | Gambar Kedalaman Kelongsoran dengan SF Sebesar SF Rencana | 97 |
| Gambar 5.9 | Pembagian Zona Simulasi Program XSTABL pada Oprit Trapesium | 102 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Gambar 5.10 | Gambar Hasil Analisis Kelongsoran untuk Timbunan Oprit Trapesium | 104 |
| Gambar 5.11 | Potongan Melintang Oprit Tegak Sebelum Sungai..... | 107 |
| Gambar 5.12 | Grafik hubungan H_{final} dengan H_{inisial} Timbunan Oprit Tegak | 107 |
| Gambar 5.13 | Grafik hubungan H_{final} dengan <i>Settlement</i> Timbunan Oprit Tegak | 108 |
| Gambar 5.14 | Hasil Analisa Momen Maksimum untuk Tiang Pancang D40 Sisi Sebelum Sungai | 117 |
| Gambar 6.1 | Desain Beban Sendiri Abutment..... | 120 |
| Gambar 6.2 | Diagram Tegangan Akibat Tekanan Tanah di Belakang Abutment | 122 |
| Gambar 6.3 | Desain Beban Sendiri Pilar..... | 144 |
| Gambar 7.1 | Hasil Alinyemen Horizontal STA 28+513..... | 162 |
| Gambar 7.2 | Hasil Alinyemen Vertikal STA 28+513 | 165 |

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

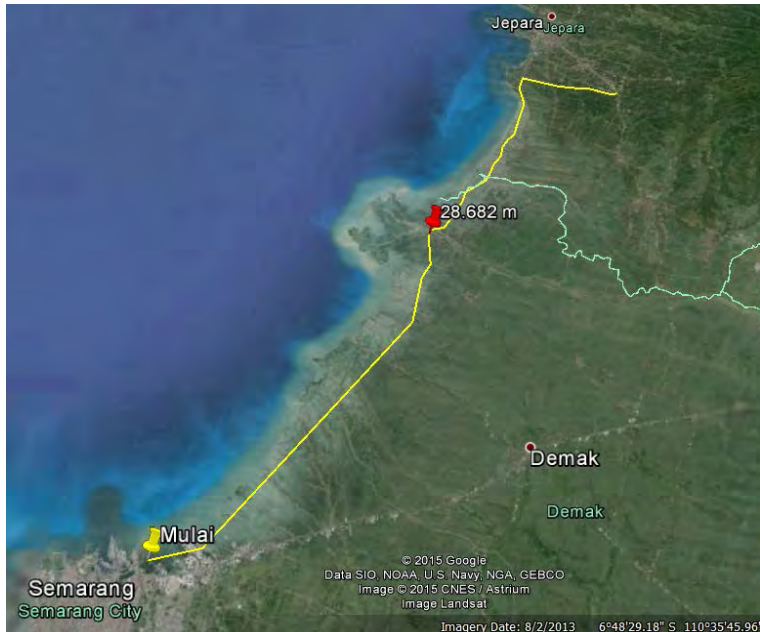
Kenaikan kebutuhan listrik khususnya di wilayah Jawa, membuat pemerintah dalam beberapa tahun ke depan mengeluarkan kebijakan penambahan pasokan energi listrik berupa Pembangkit Listrik 5 dan 6 di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tanjung Jati B, Jepara, Jawa

a Tengah. Dengan adanya pembangunan PLTU ini, pada tahun 2019 dan 2024 diperkirakan akan menyebabkan penambahan beban kinerja yang sangat tinggi baik kapasitas maupun kekuatan jalan pada ruas jalan Provinsi Jepara-Pati. Rekapitulasi *Level of Service* ruas jalan tersebut dapat dilihat pada **Tabel 1.1**.

Tabel 1.1 Rekapitulasi *Level of Service* Ruas Jalan Trengguli-Wedelan Tahun 2014, 2019, dan 2024
(sumber: Survey Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat ITS, 2012)

| Kondisi Eksisting (Januari 2014) | | | | | | | | 2019 | 2024 |
|----------------------------------|---|-----------|-------|------------------|--------------------|-------------------------|----------------------|------------------|------------------|
| No | Ruas | Kabupaten | DS | Level of Service | Kecepatan (km/jam) | Actual Capacity (PCU/H) | Lebar Perkerasan (m) | Level of Service | Level of Service |
| 1 | Perigaan Trengguli - Mijen Welahan | Demak | 0,487 | A | 45,59 | 2848 | 7 | E | F |
| 2 | Margoyoso - Gotri - Ngabul | Jepara | 0,71 | C | 37,63 | 2576 | 7 | F | F |
| 3 | Ngabul - Pertigaan Kecapi (Jalan Lingkar) | Jepara | 0,275 | A | 50,95 | 2625 | 7 | A | B |
| 4 | Pertigaan Wedelan - Tanjung Jati | Jepara | 0,316 | A | 45,23 | 2418 | 6 | A | C |

Maka dari itu perlu dilakukan beberapa alternatif solusi pemecah kepadatan kinerja jalan provinsi Jepara-Pati, salah satunya dengan pembangunan jalan baru pesisir pantai di Kabupaten Jepara (**Gambar 1.1**).



Gambar 1.1 Rencana Trase Jalan Baru Pesisir Pantai
(sumber: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat ITS, 2012)

Dalam Tugas Akhir ini, titik stasioner yang ditinjau dibatasi dari STA 28+513 sampai STA 28+952 (**Gambar 1.2**), berpotongan dengan Sungai Wulan yang memiliki lebar 100 meter. Maka dari itu dibutuhkan perencanaan timbunan, oprit, dan abutmen di kedua sisinya. Gambar layout dan potongan rencana ditampilkan pada **Lampiran 1**. Pada kedua sisi sungai terdapat dua jenis timbunan, yaitu timbunan trapesium dan timbunan tegak.



Gambar 1.2 Detail Trase Jalan STA 28+513 s/d STA 28+952
(sumber: *maps.google.com*, 2015)

Rencana jembatan Sungai Wulan ini direncanakan terbuat dari konstruksi girder beton dengan bentang 25m, 50m, dan 25m (**Lampiran I**). Sementara timbunan jalan direncanakan setinggi 3 meter dan oprit setinggi 5 meter. Timbunan jalan yang direncanakan adalah 100 meter, dengan kemiringan longitudinal 0% (lurus). Oprit direncanakan memiliki kemiringan longitudinal sebesar 3,5%, sehingga memiliki panjang 68,8 meter (sebelum sungai) dan 68 meter (setelah sungai) (**Lampiran 1**).

Namun, berdasarkan hasil penyelidikan tanah yang dilakukan, kondisi tanah dasar di pesisir utara provinsi Jawa Tengah, berada dalam kondisi tanah lunak (**Lampiran 2**). Sebagai pemecahan permasalahan di atas, maka Tugas Akhir ini akan membahas bagaimana merencanakan timbunan oprit pada rencana pembuatan jalan baru pesisir pantai di Jepara baik timbunan jalan, oprit, dan pondasi jembatan. Perbaikan tanah

dasar dilakukan dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) apabila diperlukan. Perencanaan perkuatan timbunan trapesium menggunakan pilihan alternatif *geotextile* atau *crucuk/Micropile*. Sedangkan perencanaan perkuatan timbunan tegak menggunakan pilihan alternatif *geotextile wall* atau *gravity wall*. Diameter tiang pancang yang ditinjau adalah 40 cm, 50 cm, 60 cm, dan 80 cm. Analisa alternatif yang akan dipakai akan ditinjau dari nilai faktor keamanan yang layak digunakan, dengan memperhitungkan biaya material yang dipakai.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian di atas, beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa besar pemampatan yang terjadi akibat beban yang bekerja di atas tanah dasar (beban timbunan dan beban *traffic*)?
2. Berapa tinggi timbunan awal yang dibutuhkan untuk mencapai tinggi timbunan yang direncanakan setelah terjadinya pemampatan?
3. Bagaimana perencanaan perkuatan *geotextile* pada timbunan jalan dan oprit trapesium jembatan?
4. Bagaimana perencanaan *cerucuk/micropile* pada timbunan jalan dan oprit trapesium jembatan?
5. Bagaimana perencanaan *geotextile wall* dan *gravity wall* pada timbunan oprit tegak jembatan?
6. Bagaimana perencanaan pondasi abutment dan pilar pada jembatan?
7. Apakah diperlukan perkuatan arah longitudinal dari tanah di belakang abutment jembatan ? Jika diperlukan, bagaimana bentuk perkuatannya?

1.3 Tujuan

Dari permasalahan di atas, tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui besar pemampatan yang terjadi akibat beban yang bekerja di atas tanah dasar (beban timbunan dan beban *traffic*).
2. Mengetahui tinggi timbunan awal yang dibutuhkan untuk mencapai tinggi timbunan yang direncanakan setelah terjadinya pemampatan.
3. Merencanakan perkuatan *Geotextile* pada timbunan jalan dan oprit trapesium jembatan.
4. Mampu merencanakan cerucuk/*micropile* pada timbunan jalan dan oprit trapesium jembatan.
5. Mampu merencanakan *geotextile wall* dan *gravity wall* pada timbunan oprit tegak jembatan.
6. Mampu merencanakan pondasi pada jembatan.
7. Melakukan perhitungan stabilitas tanah di belakang abutment (arah longitudinal), dan merencanakan perkuatannya apabila diperlukan.

1.4 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang didefinisikan dalam penyusunan Tugas Akhir ini antara lain:

1. Tidak merencanakan struktur atas jembatan.
2. Tidak menampilkan perhitungan geometri jalan.
3. Biaya yang dihitung hanya biaya material, tidak termasuk biaya pelaksanaan.
4. Data tanah dan gambar perencanaan menggunakan data sekunder
5. Tidak membahas drainase timbunan

1.5 Manfaat

Manfaat yang bisa didapat dari penyusunan Tugas Akhir ini yaitu agar dapat menjadi bahan acuan dalam perencanaan timbunan jalan, oprit trapesium dan tegak, beserta pondasi jembatan yang memiliki kemiripan spesifikasi perencanaan yang sama.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Permasalahan Pembangunan Konstruksi di Atas Tanah Lunak

Tanah lempung merupakan jenis tanah yang kurang menguntungkan untuk digunakan sebagai lapisan tanah dasar pondasi, karena daya dukung tanah ini sangat rendah dan memiliki kemampumampatan tinggi. Beberapa permasalahan yang patut diwaspadai saat perencanaan dan pelaksanaan konstruksi adalah sebagai berikut:

1. Tanah lunak biasanya terletak di daerah dataran rendah yang sering banjir, sehingga syarat ketinggian timbunan maupun perkerasan jalan dipengaruhi oleh tinggi muka air banjir.
2. Tanah lunak atau sangat lunak memiliki daya dukung sangat rendah, yang menyebabkan tanah tidak mampu mendukung tinggi timbunan rencana beserta beban lalu lintasnya, sehingga memerlukan perbaikan tanah dasar yang cukup.

2.2 Pemampatan (Settlement)

2.2.1 Pemampatan Konsolidasi (*Consolidation Settlement*)

Adanya penambahan beban di atas suatu lapisan tanah jenuh menyebabkan tekanan air pori naik secara mendadak dan air berusaha mengalir keluar dari pori-pori tanah. Peristiwa pemampatan tanah yang disebabkan oleh kejadian tersebut disebut pemampatan konsolidasi primer (*primary consolidation settlement*). Pemampatan konsolidasi primer pada tanah lempung lunak pada umumnya jauh lebih besar dibandingkan jenis penurunan tanah lainnya.

Pemampatan konsolidasi sekunder (*secondary consolidation settlement*) terjadi setelah tekanan air pori hilang seluruhnya. Pemampatan yang terjadi disebabkan oleh penyesuaian butir-butir tanah yang bersifat plastis. Dalam perencanaan struktur di atas tanah lempung lunak, konsolidasi sekunder tidak ditinjau, karena:

1. Pemampatan konsolidasi sekunder terjadi setelah pemampatan konsolidasi primer selesai dalam waktu puluhan tahun.
2. Penurunan yang terjadi akibat pemampatan konsolidasi sekunder relatif kecil.
3. Penurunan yang terjadi akibat pemampatan konsolidasi sekunder tersebut merata, sehingga tidak menimbulkan bahaya kerusakan pada struktur di atasnya.

Besar pemampatan konsolidasi untuk jenis tanah lunak (lempung atau lanau) sangat tergantung pada sejarah geologis dari tanah yang bersangkutan. Tanah di lapangan pada kedalaman tertentu telah mengalami tegangan efektif prakonsolidasi, atau tegangan efektif yang pernah dialami di masa lampau. Tegangan efektif prakonsolidasi ini mungkin sama atau lebih kecil daripada tegangan efektif *overburden* (tegangan yang disebabkan oleh berat tanah di atasnya). Melihat keadaan ini maka dalam proses konsolidasi, ada dua definisi yang didasarkan pada sejarah tegangan:

1. Tanah terkonsolidasi secara normal, *Normally Consolidated Soil* (NC-Soil), di mana tegangan *overburden* efektif pada saat ini adalah merupakan tegangan maksimum yang pernah dialami tanah tersebut.
2. Tanah terkonsolidasi lebih, *Over Consolidated Soil* (OC-Soil), di mana tegangan *overburden* efektif saat ini adalah lebih kecil daripada tegangan yang pernah dialami oleh tanah yang bersangkutan sebelumnya.

Tanah disebut sebagai NC-Soil atau OC-soil tergantung dari harga *Over Consolidation Ratio* (OCR), yang didefinisikan dengan persamaan berikut ini:

$$OCR = \frac{\sigma_c'}{\sigma_o'}$$

di mana:

σ_c' = *effective past overburden pressure*

σ_o' = *effective overburden pressure*

NC-Soil mempunyai harga $OCR = 1$ dan OC soil mempunyai harga $OCR > 1$.

Secara umum besar pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah lempung setebal H dapat dihitung dengan persamaan (Das, 1985):

1. Untuk tanah *Normally Consolidated* (NC-Soil):

$$Sc = C_c \cdot \frac{H_0}{1+e_0} \cdot \log \frac{\sigma'_{vo} + \Delta\sigma}{\sigma'_{vo'}}$$

2. Untuk tanah *Over Consolidated* (OC-Soil):

- Bila $(\sigma'_{vo} + \Delta\sigma) \leq \sigma'_c$, maka:

$$Sc = \frac{Cs \cdot H_0}{1+e_0} \cdot \log \frac{\sigma'_{vo} + \Delta\sigma}{\sigma'_{vo'}} \quad [2.1]$$

- Bila $(\sigma'_{vo} + \Delta\sigma) > \sigma'_c$, maka:

$$Sc = \frac{Cs \cdot H_0}{1+e_0} \cdot \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_{vo'}} + \frac{Cc \cdot H_0}{1+e_0} \cdot \log \frac{\sigma'_{vo} + \Delta\sigma}{\sigma'_c} \quad [2.2]$$

di mana:

- Sc = besar pemampatan yang terjadi (m)
- Cc = indeks pemampatan (*compression index*)
- Cs = indeks pemuaian (*swelling index*)
- e_0 = angka pori
- σ'_o = tegangan overburden efektif
- $\Delta\sigma$ = penambahan beban vertikal (beban luar)
- σ'_c = tegangan prakonsolidasi

Semua persamaan pemampatan konsolidasi yang diberikan adalah untuk lapisan tanah yang *compressible*. Apabila lapisan tanah yang akan dihitung besar pemampatannya terdiri dari beberapa lapisan yang mempunyai sifat konsolidasi yang berbeda, maka pemampatan konsolidasi total merupakan penambahan dari pemampatan konsolidasi masing-masing lapisan. Sehingga besar pemampatan total adalah:

$$Sc = \sum_{i=1}^n Sc_i$$

di mana:

- n = jumlah lapisan tanah yang akan dihitung besar pemampatan konsolidasi.
- Sc_i = besar pemampatan konsolidasi untuk lapisan ke- i

Indeks Kompresi (C_c) dan Indeks Mengembang (C_s) untuk menghitung besar pemampatan yang terjadi di lapangan sebagai akibat dari konsolidasi ditentukan dari hasil tes di laboratorium atau menggunakan rumus empiris yang dikembangkan oleh Kosasih dan Mochtar (1986) sebagai berikut:

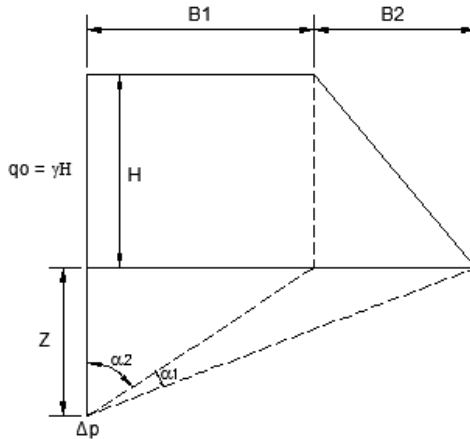
$$\begin{aligned} C_c &= 0.006 LL + 0.13 e_0^2 - 0.13 \\ C_s &= 0.002 LL + 0.02 e_0^2 - 0.05 \end{aligned} \quad [2.3]$$

di mana:

LL = batas cair (%)
 e_0 = angka pori

2.2.2 Penambahan Tegangan (ΔP) pada Tanah

$\Delta\sigma'$ merupakan tambahan tegangan akibat pengaruh beban timbunan yang ditinjau di tengah-tengah lapisan. Menurut Braja M. Das (1986), dalam bukunya "*Principles of Foundation Engineering, Second Edition*" diagram tegangan tanah akibat timbunan adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Visualisasi dan Notasi ΔP

Besarnya $\Delta\sigma'$ adalah:

$$\Delta\sigma' = \frac{q_0}{\pi} x \left[\left(\frac{B_1 + B_2}{B_2} \right) x (\alpha_1 + \alpha_2) - \left(\frac{B_1}{B_2} x \alpha_2 \right) \right] \quad [2.4]$$

di mana:

$$\begin{aligned}
 q_0 &= \text{beban timbunan (t/m}^2\text{)} \rightarrow q_0 = \gamma_{\text{timb}} \times h_{\text{timb}} \\
 \Delta\sigma' &= \text{besarnya tegangan akibat pengaruh beban timbunan} \\
 &\quad \text{yang ditinjau di tengah-tengah lapisan (t/m}^2\text{)} \\
 \alpha_1 &= \tan^{-1}\left(\frac{B_1+B_2}{z}\right) - \tan^{-1}x\left(\frac{B_1}{z}\right) \text{ (radian)} \\
 \alpha_2 &= \tan^{-1}x\left(\frac{B_1}{z}\right) \text{ (radian)} \\
 B_1 &= \frac{1}{2} \text{ lebar timbunan} \\
 B_2 &= \text{panjang proyeksi horizontal kemiringan timbunan.}
 \end{aligned}$$

Nilai $\Delta\sigma'$ yang diperoleh adalah untuk $\frac{1}{2}$ bentuk timbunan sehingga untuk bentuk timbunan yang simetris, nilai I yang diperoleh harus dikali 2, dan berubah menjadi:

$$\Delta\sigma' = 2 \times q_0$$

2.2.3 Asumsi Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas dapat menyebabkan penurunan tanah dasar, untuk itu beban lalu lintas harus diperhitungkan sebagai tambahan beban merata yang menyebabkan penurunan tanah. Berdasarkan modul mata kuliah Metode Perbaikan Tanah, besar beban lalu lintas yang dipakai adalah 1 t/m^2 atau 10 kN/m^2 .

2.2.4 Tinggi Timbunan Awal (H_{inisial})

Tinggi timbunan awal pada saat pelaksanaan tidak sama dengan tinggi timbunan rencana. Penentuan dari tinggi timbunan rencana pada saat pelaksanaan fisik (dengan memperhatikan adanya pemampatan), dapat dihitung dengan (Mochtar, 2012):

$$\begin{aligned}
 q_{\text{final}} = q &= (H_{\text{inisial}} \times \gamma_{\text{timb}}) - (S_c \times \gamma_{\text{timb}}) + (S_c \times \gamma'_{\text{timb}}) \\
 q_{\text{final}} = q &= (H_{\text{inisial}} - S_c)\gamma_{\text{timb}} + (S_c \times \gamma'_{\text{timb}}) \\
 H_{\text{inisial}} &= \frac{q + (S_c \times \gamma'_{\text{timb}}) - (S_c \times \gamma_{\text{timb}})}{\gamma_{\text{timb}}} \quad [2.5]
 \end{aligned}$$

$$H_{\text{akhir}} = H_{\text{inisial}} - S_c \quad [2.6]$$

2.2.5 Kecepatan Waktu Konsolidasi

Pada umumnya tebal dari lapisan yang memampat dinyatakan sebagai H dan panjang terjauh dari aliran rembesan air disebut H_{dr} . Persamaan dari Terzaghi (1984), untuk menghitung waktu konsolidasi dari lapisan tanah yang memampat tersebut adalah:

$$t = \frac{T_v \cdot (H_{dr})^2}{c_v} \quad [2.7]$$

di mana:

- T_v = faktor waktu (**Tabel 2.1**)
- t = waktu konsolidasi (detik)
- c_v = koefisien konsolidasi (cm^2/det)
- H_{dr} = panjang aliran air terpanjang

Tabel 2.1 Tabel Faktor Waktu Terhadap Derajat Konsolidasi

| Derajat Konsolidasi U% | Faktor Waktu T_v |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 0 | 0 |
| 10 | 0,008 |
| 20 | 0,031 |
| 30 | 0,071 |
| 40 | 0,126 |
| 50 | 0,197 |
| 60 | 0,287 |
| 70 | 0,403 |
| 80 | 0,567 |
| 90 | 0,848 |
| 100 | - |

(sumber: Braja M. Das, 1985)

Untuk lapisan tanah yang dibatasi oleh 2 (dua) lapisan yang lolos air (*permeable*), misalnya pasir atau kerikil, panjang $H_{dr} = \frac{1}{2} \times$ tebal lapisan. Akan tetapi, bila lapisan sebelah bawah berupa

lapisan kedap air, maka aliran rembesan dianggap hanya dapat menuju ke atas lapisan, sehingga $H_{dr} = H$.

Untuk konsolidasi tanah yang berlapis-lapis dengan ketebalan berbeda, waktu konsolidasi dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Mochtar, 2012):

$$Cv = \frac{(H_1 + H_2 + \dots + H_n)^2}{\left(\frac{H_1}{\sqrt{Cv_1}} + \frac{H_2}{\sqrt{Cv_2}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{Cv_n}} \right)^2} \quad [2.8]$$

di mana:

H_1, H_2, \dots, H_n = tebal lapisan-lapisan tanah lempung yang mengalami pemampatan.

Cv_1, Cv_2, \dots, Cv_n = harga Cv untuk masing-masing lapisan tanah yang bersangkutan.

2.2.6 Tinggi Timbunan yang Diizinkan

Penentuan tinggi timbunan yang diizinkan dapat ditentukan dengan *trial* menggunakan program bantu, salah satunya XSTABL. Trial dilakukan setiap tinggi penimbunan.

2.2.7 Perhitungan Stabilitas Timbunan

Stabilitas timbunan dapat dihitung dengan menggunakan program XSTABL untuk menganalisa *overall stability*.

2.4 Metode Percepatan Pemampatan Tanah dengan *Vertical Drain*

Pada **Gambar 2.2** diberikan 2 buah contoh kondisi lapisan tanah dasar sedalam $h = 10$ m yang dibebani dengan *embankment*, di mana pada **Gambar 2.2a** lapisan tanah dasar tidak diberi *vertical drain*, sehingga waktu konsolidasi dapat diasumsikan seperti persamaan 2.12:

$$t = \frac{T_v \cdot (H_{dr})^2}{Cv} \quad [2.9]$$

di mana:

T_v = faktor waktu (**Tabel 2.1**)

t = waktu konsolidasi (detik)

Cv = koefisien konsolidasi (cm^2/det)

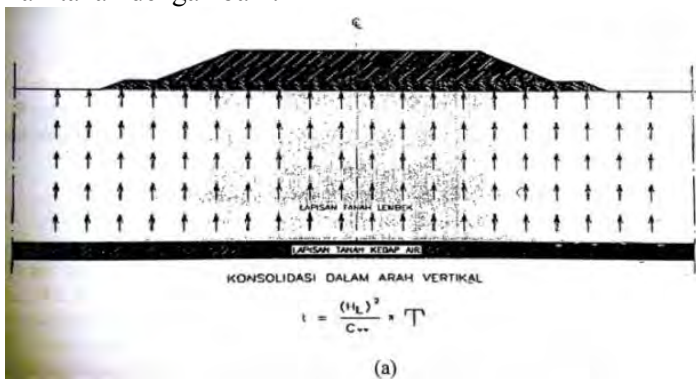
H_{dr} = panjang aliran air terpanjang

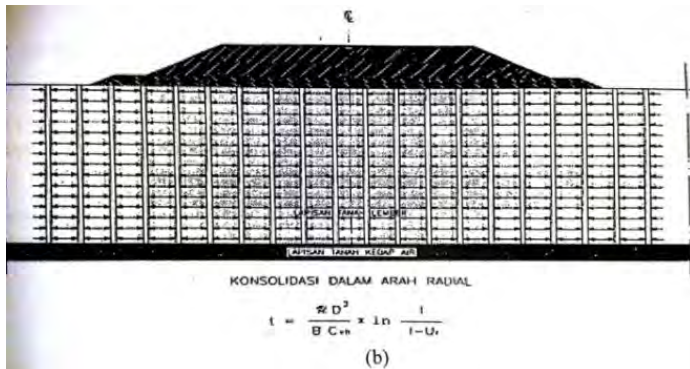
Pada **Gambar 2.2b**, lapisan tanah dasar dipasang *vertical drain* dengan jarak S . Dari jarak S dan pola pemasangan *vertical drain*, dapat dicari harga D , atau diameter ekivalen daerah pengaruh aliran untuk satu *vertical drain*. Bila terjadi konsolidasi, maka panjang *drainage path* yang semula dengan aliran arah vertikal adalah H , berubah menjadi $\frac{1}{2} D$ dengan *drainage path* arah horizontal.

Pada umumnya harga C_h berkisar antara 1 sampai 3 kali C_v . Bila dianggap $C_h = 2C_v$, maka waktu t_2 akan berkisar antara $0,0018 \times t_1$. Jadi, adanya pemasangan *vertical drain* akan sangat membantu mempercepat pelaksanaan konsolidasi, terutama konsolidasi primer pada lapisan tanah yang memampat.

Vertical drain yang dipasang pada lapisan tanah terkonsolidasi mempunyai bentuk bermacam-macam, tetapi dikenal dalam dua bentuk utama, yaitu:

- Bentuk *Sand Column*, berupa tiang-tiang pasir yang dimasukkan ke dalam tanah dengan bantuan pipa yang bergetar.
- Bentuk *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*, terbuat dari bahan-bahan sintesis buatan pabrik yang dapat mengalirkan air tanah dengan baik.





Gambar 2.2 Kondisi Tanah Lunak yang Mengalami Konsolidasi:
 a) Tanpa *Vertical Drain*, (b) Dengan *Vertical Drain*
 (Sumber: Mochtar, 2012)

Sistem drainase vertikal (*vertical drain*) sangat efektif untuk mempercepat konsolidasi dari tanah kompresibel (seperti lempung atau lempung berlanau). Teori untuk menghitung kecepatan pemampatan telah dikembangkan oleh barron (1948) berdasarkan teori aliran pasir vertikal yang menggunakan asumsi teori Terzaghi tentang konsolidasi linear satu dimensi, yaitu:

1. Lempung jenuh air dan homogen.
2. Semua regangan tekan (*compressible strain*) dalam tanah bekerja hanya pada arah vertikal saja.
3. Arah aliran rembesan air pori dominan horizontal, dan dianggap tidak ada aliran rembesan arah vertikal.
4. Kebenaran hukum Darcy tentang koefisien permeabilitas (k) berlaku pada semua lokasi.
5. Air dan butiran tanah relatif tak termampatkan dibandingkan dengan kemampumampatan struktur susunan partikel tanah lempung.
6. Beban tambahan pada awalnya diterima air pori sebagai tegangan air pori (u).
7. Pada *vertical drain* tidak terjadi tegangan pori yang melebihi tegangan hidrostatik.

8. Daerah pengaruh aliran dari setiap *drain* berbentuk silinder.

Teori ini menetapkan hubungan antara waktu, diameter *drain*, jarak antar *drain*, koefisien konsolidasi, dan derajat konsolidasi rata-rata. Penentuan waktu konsolidasi dari teori ini dapat dibuat dengan persamaan sebagai berikut:

$$t = \left(\frac{D^3}{8 \cdot Ch} \right) \cdot F(n) \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - U_h} \right)$$

di mana:

t = waktu untuk menyelesaikan konsolidasi primer

D = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh PVD.

$D = 1,13 \times S$ untuk pola susunan bujur sangkar dan

$D = 1,05 \times S$ untuk pola penyusunan segitiga, seperti

Gambar 2.3.

Ch = koefisien konsolidasi tanah arah horizontal.

U_h = derajat konsolidasi tanah (arah horizontal).

Persamaan tersebut oleh Barron kemudian dikembangkan Hansbo (1979) untuk *Prefabricated Vertical Drain* (PVD), yang mendekati teori Barron. Teori Hansbo ini menyempurnakan teori Barron dengan memasukkan dimensi hambatan fisik dan karakteristik dari PVD, yaitu fungsi $F(n)$ yang merupakan fungsi hambatan akibat jarak antara titik pusat PVD yang didefinisikan sebagai berikut:

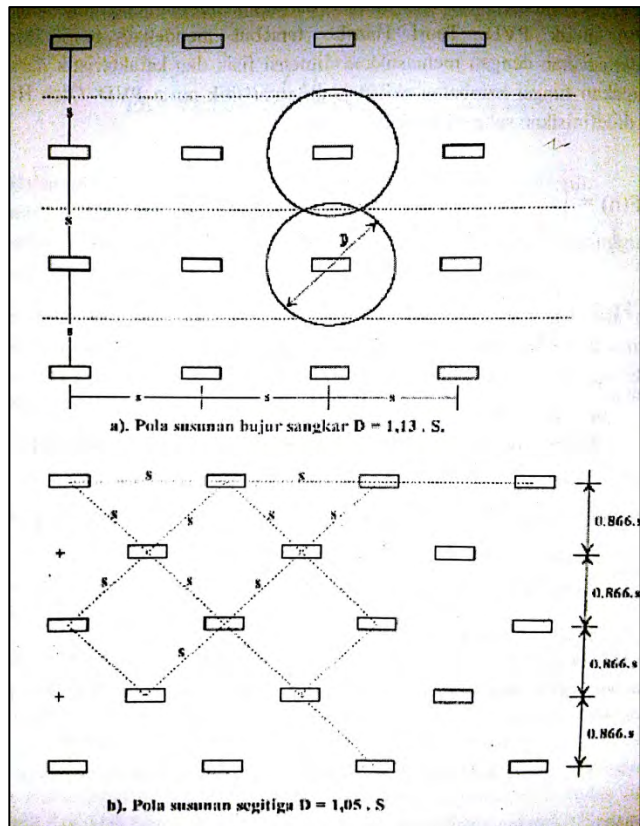
$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \left(\frac{3n^2 - 1}{4n^2} \right) \right]; \text{ atau}$$

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{3n^2 - 1}{4n^2} \right) \right]$$

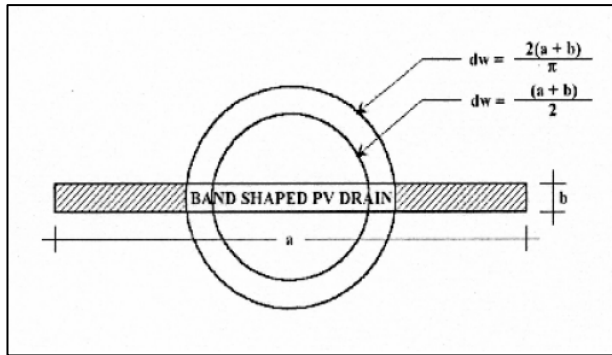
di mana:

$$n = D/dw \quad [2.10]$$

dw = diameter ekuivalen dari *vertical drain* (ekuivalen terhadap bentuk lingkaran), seperti pada **Gambar 2.4**



Gambar 2.3: Dua Pola Susunan Pemasangan Vertical Drain
 (Sumber: Mochtar, 2012)



Gambar 2.4: Ekuivalen Diameter untuk PVD
(Sumber: Mochtar, 2012)

Pada umumnya, $n > 20$ sehingga dapat dianggap $\frac{1}{4n^2} \approx 0$ dan $\left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2}\right) \approx 1$.
Jadi,

$$F(n) = \ln(n) - \frac{3}{4}, \text{ atau}$$

$$F(n) = \ln(D/dw) - \frac{3}{4}$$

Untuk menghitung waktu konsolidasi, Hansbo (1979) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \cdot ch}\right) \cdot (F(n) + Fs + Fr) \cdot \ln\left(\frac{1}{1 - Uh}\right)$$

di mana:

- t = waktu yang diperlukan untuk mencapai U_h
- D = diameter ekuivalen lingkaran, dilihat dari brosur PVD pada **Lampiran I**:
 1,13 x S untuk pola susunan segiempat
 1,05 x S untuk pola susunan segitiga
- S = jarak antara titik pusat PVD
- Ch = koefisien konsolidasi aliran horizontal
 = $(k_h/k_v) \cdot C_v$
- k_h/k_v = perbandingan antara koefisien permeabilitas tanah arah horizontal dan vertikal. Untuk tanah

lempung yang jenuh air, harga (kh/kv) berkisar antara 2 sampai 5.

F(n) = faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD

Fr = faktor hambatan akibat gangguan pada PVD sendiri

Fs = faktor hambatan tanah yang terganggu (*disturbed*)

Uh = derajat konsolidasi tanah, arah horizontal.

Fs merupakan faktor yang disebabkan oleh ada tidaknya perubahan pada tanah di sekitar PVD akibat pemasangan PVD tersebut. Faktor ini memasukkan pengaruh *disturbance* (gangguan) terhadap tanah, karena pemasangan tersebut. Fs dapat dirumuskan sebagai berikut (Hansbo, 1979):

$$F_s = (k_h/k_s - 1) \cdot \ln(ds/dw)$$

di mana:

ks = koefisien permeabilitas arah horizontal pada tanah yang terganggu (*disturbed*).

ds = diameter daerah yang terganggu (*disturbed*) sekeliling *vertical drain*.

dw = diameter ekuivalen.

Adanya faktor Fs dan Fr cenderung memperlambat kecepatan konsolidasi. Dari penyelidikan diketahui bahwa faktor yang paling penting adalah F(n). Besar faktor (Fs) dapat mendekati atau bahkan sedikit lebih besar daripada F(n), tergantung dari besarnya kerusakan tanah akibat pemasangan PVD. Dari data lapangan didapatkan harga Fs/F(n) dapat berkisar antara 1 sampai 3. Untuk memudahkan perencanaan, maka dapat diasumsikan bahwa $F_s = F(n)$. Pengaruh perlawanan aliran (Fr) umumnya kecil dan tidak begitu penting. Maka, harga Fr dapat dianggap nol. Jadi, $F(n) + F_s + F_r \approx 2 \cdot F(n)$.

Dengan memasukkan anggapan-anggapan di atas, maka menjadi menjadi:

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \cdot C_h} \right) \cdot (2 \cdot F(n)) \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - U_h} \right)$$

di mana:

t = waktu yang diperlukan untuk mencapai Uh

D = diameter ekuivalen lingkaran

1,13 x S untuk pola susunan bujursangkar

1,05 x S untuk pola susunan segitiga

C_h = koefisien konsolidasi aliran horizontal

$$= (k_h/k_v).C_v$$

k_h/k_v = perbandingan antara koefisien permeabilitas tanah arah horizontal dan vertikal. Untuk tanah lempung yang jenuh air, harga (k_h/k_v) berkisar antara 2 sampai 5.

$F(n)$ = faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD

U_h = derajat konsolidasi arah horizontal.

Dengan memasukkan harga t tertentu, harga U_h dapat dicari pada bagian lapisan tanah yang dipasang PVD. Selain konsolidasi arah horizontal, juga terjadi konsolidasi arah vertikal U_v . Sehingga, derajat konsolidasi gabungan dari lapisan tanah yang dipasang PVD (U) dapat dicari dengan cara:

$$U = [1 - (1 - U_h)(1 - U_v)] \times 100\% \quad [2.11]$$

2.5 Metode Perkuatan Tanah dengan *Geotextile*

Selain dengan mempercepat pemampatan konsolidasi tanah dasar untuk meningkatkan daya dukung tanah, bentuk perkuatan tanah yang dapat dilakukan sebagai alternatif adalah perkuatan tanah dengan bahan *geotextile*.

2.5.1 Bahan *Geosynthetic*

Pengertian *geosynthetic* menurut ICI Fibres (1986) adalah *a synthetic material used in a soil (geo) environment* atau sebuah bahan sintesis (tiruan/buatan) yang digunakan dalam pekerjaan teknik bangunan di dalam tanah. Pada perkembangannya timbul bermacam-macam bentuk *geosynthetic* sesuai dengan fungsi dan penggunaannya. Beberapa bentuk dasar dari *geosynthetic* adalah (ICI Fibres, 1986):

1. *Geotextile*, merupakan material yang berbentuk bahan tekstil atau rajutan dan bersifat tembus air.
2. *Geogrid*, merupakan material yang berbentuk anyaman dalam *grid* besar menyerupai jaring.

3. *Geomembrane*, merupakan material yang berbentuk lapisan tipis yang kedap air dan berfungsi menyerupai membran.
4. *Geo-linier element*, merupakan material yang berupa lajur-lajur tunggal yang terdiri sendiri, berwujud pipih atau seperti pipa, yang umumnya berfungsi memperkuat tanah.
5. *Geocomposite*, merupakan material gabungan dari dua atau lebih bahan *geosynthetic* yang berbeda atau bahan sintesis lain yang tidak termasuk ke dalam keempat bentuk di atas.

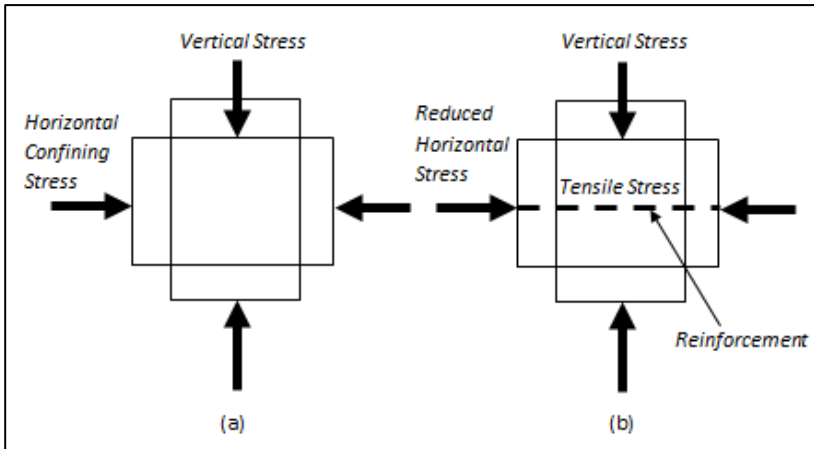
Secara umum, bahan *geosynthetic* digunakan untuk lima tujuan dasar berdasarkan fungsi yang dimiliki, yaitu:

1. *Separator*, sebagai pemisah di antara dua lapisan tanah dengan tanah, atau tanah dengan cairan agar tidak tercampur.
2. Drainase, sebagai pengalir air tanah yang baik.
3. Penyaring (*filter*), sebagai penyaring dan penahan partikel tanah halus supaya tidak terbawa aliran rembesan air tanah.
4. Kontrol erosi dan pelindung, sebagai pengontrol erosi dan melindungi tanah dari kelongsoran.
5. *Reinforcement*, sebagai kekuatan tanah.

Pada dasarnya, bahan *geosynthetic* hampir selalu digunakan lebih dari satu fungsi.

2.5.2 Perencanaan Timbunan dengan Perkuatan Geotextile

Untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar di bawah *embankment*, terutama pada awal umur *embankment*, dapat digunakan perkuatan tanah dengan menggunakan bahan *geosynthetic* jenis *geotextile* atau *geogrid*. Sebuah model sederhana pada **Gambar 2.5** dapat digunakan untuk menjelaskan konsep dasar *reinforced soil*.



Gambar 2.5: Konsep Dasar *Reinforced Soil System*
(Sumber: Mochtar, 2012)

Gambar 2.5(a) di atas merupakan elemen tanah dengan tegangan vertikal yang seragam. Gaya tegangan vertikal ini mendesak elemen dan menggerakkan tegangan horizontal di sekitar elemen. Besarnya tegangan horizontal ini berhubungan langsung dengan kemampuan ekspansi lateral elemen.

Pada elemen tanah yang sama dan telah diperkuat pada Gambar 2.5(b), di mana interaksi antara tanah dan *reinforcement* menyebabkan gaya tegangan tarik pada *reinforcement*. Gaya tegangan tarik dengan pengurangan tegangan horizontal di sekitar tanah menyebabkan kesetimbangan pada elemen tanah. Kontribusi dari *reinforcement* untuk kestabilan elemen tanah dipengaruhi oleh regangan lateral, kekakuan *reinforcement* dan tipe tanah. Singkatnya, tujuan dari *reinforcement soil* adalah mentransfer mayoritas tegangan *confining horizontal* kepada *reinforcement* untuk membuat massa tanah yang stabil.

Perencanaan *geotextile* tergantung pada besar peningkatan momen perlawanan (ΔM_R) yang direncanakan. Perhitungan untuk mencari (ΔM_R) dapat menggunakan persamaan berikut:

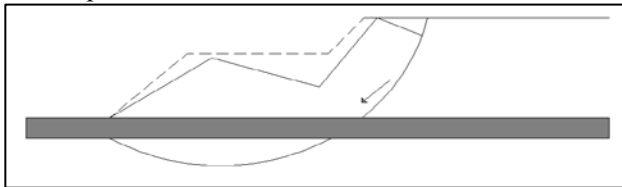
$$\Delta M_R = (M_D \times SF) - M_R \quad [2.12]$$

di mana:

$$\begin{aligned}
 M_R &= \text{momen penahan} \\
 \Delta M_R &= \text{momen penahan tambahan} \\
 &\quad \text{yang harus dipikul oleh } geotextile \\
 M_D &= \text{momen dorong, } \frac{MR}{SF}
 \end{aligned}$$

OVERALL STABILITY

Overall Stability adalah kestabilan *embankment* beserta tanah dasarnya bila ditinjau terhadap keruntuhan menurut bidang gelincir lingkaran (*circular*) atau blok (*wedge-type failure*) seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.6**. Untuk menganalisa angka keamanan dari *overall stability* dapat menggunakan model irisan Bishop (1955) dengan bantuan Program XSTABL. Gaya-Gaya yang bekerja pada *overall stability* juga sesuai dengan yang digambarkan pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.6: Model Kelongsoran untuk *Overall Stability*
(Sumber: Mochtar, 2000)

di mana:

M_D = Momen penggerak = (berat segmen busur ABCDEA) x jarak pusat berat ABCDEA terhadap O.

M_R = Momen penahan

ΔM_R = Momen penahan tambahan yang ditahan oleh *geotextile*

$SF_{\min} \geq 1,5$ (beban tetap) ; $SF_{\min} \geq 1,2$ (beban sementara)

Syarat kekuatan bahan S_1

$$T_{\text{allow}} = \frac{T_{\text{ultimate}}}{SF} \quad [2.15]$$

T_{allow} = Kekuatan tarik *geotextile* (kN/m²)

T_{ultimate} = kekuatan tarik bahan *geotextile* (kN/m²)

SF = $SF_{ID} \times SF_{CR} \times SF_{CD} \times SF_{BD}$ (**Tabel 2.2**)

di mana:

SF_{ID} = angka keamanan intuk kesalahan pemasangan (*installation damage*)

SF_{CR} = angka keamanan untuk *creep*

SF_{CD} = angka keamanan untuk *chemical degradation*

SF_{BD} = angka keamanan untuk *biological degradation*.

Bila syarat ini tidak terpenuhi, digunakan beberapa lapis bahan.

Tabel 2.2 : Angka Kemanaan untuk Menghitung T_{allow}

| Application Area | Harga angka keamanan yang disarankan | | | |
|---------------------|--|------------------------------|---|---|
| | Terhadap Installation Damage (FS_{ID}) | Terhadap Creep (FS_{CR}) | Terhadap Chemical Degradation (FS_{CD}) | Terhadap Biological Degradation (FS_{BD}) |
| Separation | 1,1-2,5 | 1,0-1,2 | 1,0-1,5 | 1,0-1,2 |
| Cushioning | 1,1-2,0 | 1,2-1,5 | 1,0-2,0 | 1,0-1,2 |
| Unpaved Road | 1,1-2,0 | 1,5-2,5 | 1,0-1,5 | 1,0-1,2 |
| Walls | 1,1-2,0 | 2,0-4,0 | 1,0-1,5 | 1,0-1,3 |
| Embankment | 1,1-2,0 | 2,0-3,0 | 1,0-1,5 | 1,0-1,3 |
| Bearing Capacity | 1,1-2,0 | 2,0-4,0 | 1,0-1,5 | 1,0-1,3 |
| Slope stabilization | 1,1-1,5 | 1,5-2,0 | 1,0-1,5 | 1,0-1,3 |
| Pavement Overlay | 1,1-1,5 | 1,0-1,2 | 1,0-1,5 | 1,0-1,1 |
| Rail Load | 1,5-3,0 | 1,0-1,5 | 1,5-2,0 | 1,0-1,2 |
| Flexible Forms | 1,1-1,5 | 1,5-3,0 | 1,0-1,5 | 1,0-1,1 |
| Silt Fences | 1,1-1,5 | 1,5-2,5 | 1,0-1,5 | 1,0-1,1 |

Panjang *Geotextile* di belakang bidang lonsor (L_e) dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$L_e = (T_{allow} \times SF_{renc}) / [(\tau_1 + \tau_2) \times E] \quad [2.16]$$

dengan:

$$E = \text{efisiensi, diambil } E = 0,8$$

Besar Momen penahan *geotextile* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$M_{\text{geotextile}} = T_{allow} \times T_i \quad [2.17]$$

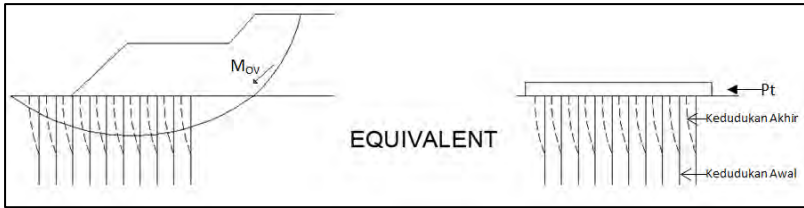
$$T_{allow} = \text{Kekuatan tarik } \textit{geotextile} \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$T_i = \text{Jarak vertikal antara } \textit{geotextile} \text{ dengan pusat bidang lonsor (m)}$$

2.6 Metode Perkuatan Tanah dengan Cerucuk/*Micropile*

Penggunaan pondasi tiang, baik tiang pancang biasa maupun tiang mini, sampai saat ini masih berdasarkan asumsi tiang mendukung beban aksial sepenuhnya untuk diteruskan kepada lapisan tanah di bawahnya, sedangkan lapisan tanah di permukaan dianggap tidak mendukung beban sama sekali. Karena masih adanya kendala dengan penggunaan tiang pancang di banyak kasus, diberikan kemungkinan penggunaan tiang mini (*micropile*) hanya sebagai bahan penguat tanah (*soil reinforcer*), di mana beban struktur sepenuhnya ditahan oleh tanahnya sendiri. Asumsi yang dipakai untuk perhitungan *micropile* ini adalah asumsi cerucuk oleh Mochtar (2012).

Penggunaan cerucuk dimaksudkan untuk menaikkan tahanan geser tanah. Bila tahanan tanah terhadap geser meningkat, maka daya dukung tanah pun meningkat. Asumsi yang digunakan dalam konstruksi cerucuk dapat dilihat pada **Gambar 2.8**. Pada gambar tersebut, kelompok tiang (cerucuk) diasumsikan ekuivalen dengan kelompok tiang biasa dengan “*rigid cap*” pada permukaan tanah yang menerima gaya horizontal dan menimbulkan tegangan geser sepanjang bidang gelincir. Konstruksi cerucuk yang dapat dipakai diantaranya adalah cerucuk bambu, cerucuk kayu, cerucuk beton (*micropile*), dan lain-lain.



Gambar 2.8: Asumsi Gaya yang Diterima Cerucuk
(Sumber: Mochtar, 2012)

Untuk menghitung kebutuhan cerucuk per meter, terlebih dahulu ditentukan kekuatan 1 (satu) tiang/cerucuk untuk menahan gaya horizontal. Kemudian berdasarkan perbandingan dari besarnya momen penggerak dengan momen penahan yang dibutuhkan, ditentukan jumlah tiang/cerucuk yang diperlukan. Sesuai dengan syarat kestabilan lereng, maka dengan pemberian cerucuk harga angka keamanan dari kestabilan lereng harus dibuat menjadi sekurang-kurangnya 1,1 untuk kondisi dengan beban sementara (kendaraan) dan sekurang-kurangnya 1,50 untuk kondisi beban timbunan saja.

Adapun prosedur dari perhitungan kebutuhan cerucuk berdasarkan NAVFAC DM-7 (1971) adalah sebagai berikut:

a. Menghitung kekuatan 1 (satu) buah cerucuk terhadap gaya horizontal.

- Menghitung faktor kekuatan relatif (T)

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}} \quad [2.18]$$

di mana:

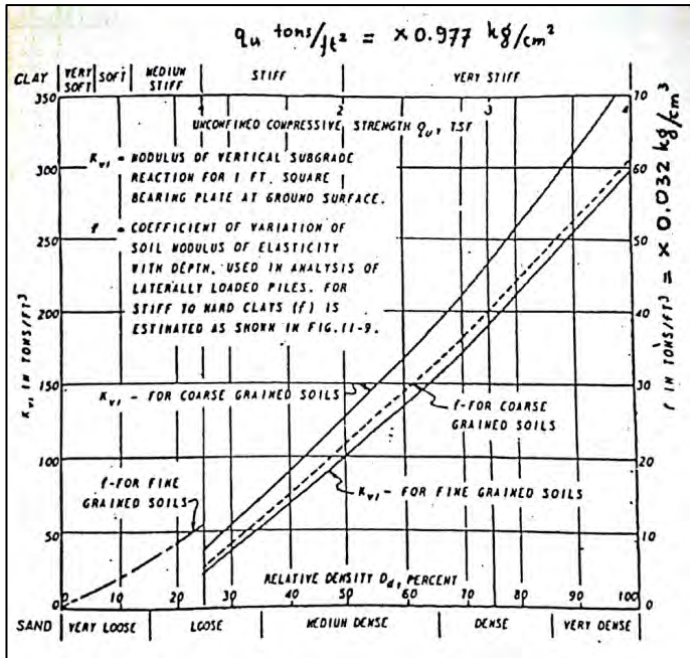
E = Modulus elastisitas tiang (cerucuk), Kg/cm²

I = Momen inersia tiang (cerucuk), cm⁴

f = koefisien dari variasi modulus tanah, kg/cm³

T = faktor kekakuan relatif, cm

Harga f dengan bantuan **Gambar 2.9** yang merupakan garfik antara f dengan *unconfined compression strength*, yaitu $q_u = 2.C_u$



Gambar 2.9 Harga f untuk Berbagai Jenis Tanah
(Sumber: *Design Manual*, NAVFAC DM-7, 1971)

- Menghitung gaya horizontal yang mampu ditahan 1 tiang.

$$M_p = F_M \times (P \times T)$$

di mana:

M_p = momen lentur yang mampu ditahan oleh cerucuk akibat beban horizontal P , Kg.com.

F_M = koefisien momen akibat gaya lateral P .

P = gaya horizontal maksimum yang mampu diterima oleh satu cerucuk, Kg.

T = faktor kekakuan relatif, cm.

Dengan merencanakan panjang cerucuk yang tertahan di bawah/atas bidang gelincir (L) didapat harga L/T dengan bantuan **Gambar 2.11** dan harga L/T pada kedalaman z didapat harga F_M .

Jadi, gaya horizontal yang mampu dipikul oleh 1 (satu) cerucuk adalah:

$$P = \frac{M_p}{F_M \times T} \quad [2.19]$$

Gaya maksimal P_{\max} yang dapat ditahan oleh 1 cerucuk terjadi bila M_p = momen maksimal lentur bahan cerucuk. Bila kekuatan bahan dan dimensi bahan diketahui, maka:

$$M_p \text{ max 1 cerucuk} = \frac{\sigma_{\max \text{ bahan}} \times I_n}{C}$$

atau $M_p \text{ max 1 cerucuk} = \sigma_{\max} \times W$

di mana:

σ_{\max} = tegangan tarik/tekan maks. bahan cerucuk

L = momen inersia penampang cerucuk terhadap garis yang melewati titik pusat penampang

C = $\frac{1}{2} \times D$, D = diameter cerucuk

W = I_n/C

sehingga:

$$P_{\max \text{ 1 cerucuk}} = \frac{M_p \text{ max 1 cerucuk}}{F_M \times T} \times F_k \quad [2.20]$$

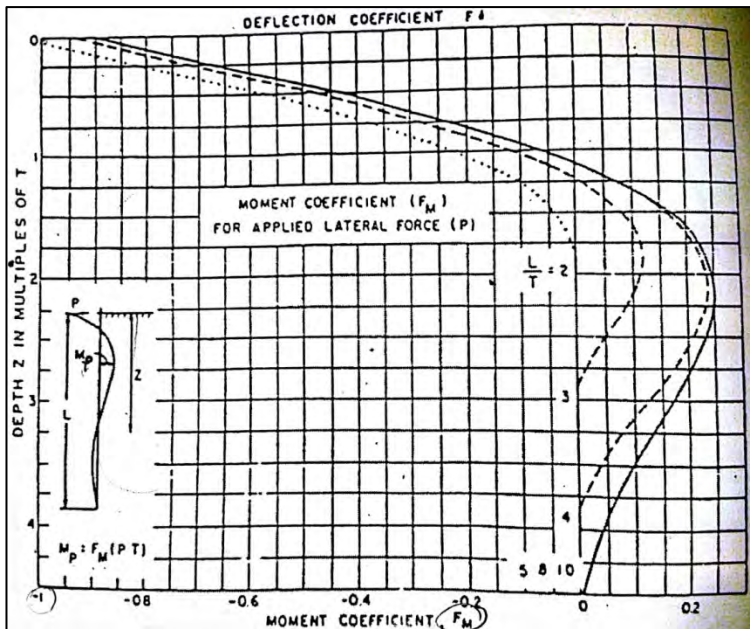
dengan F_k menurut Mochtar & Arya (2002):

$$F_k = 2,643 \times \left[\frac{0,89 + 0,12 \cdot \frac{L}{D}}{2,69} \right] \times \left[\frac{0,855 \times Cu^{-0,392}}{2,865} \right] \quad [2.21]$$

di mana:

L = panjang cerucuk di bawah bidang gelincir

D = dimensi *micropile*.



Gambar 2.10: Grafik untuk Mencari Harga F_M
(Sumber: Design Manual, NAVFAC DM-7, 1971)

- b. Untuk menghitung banyaknya tiang atau cerucuk per meter, maka ditentukan gaya horizontal total yang terjadi pada bidang gelincir (P_t). P_t didapat dengan mengetahui besarnya momen penahan yang dibutuhkan (yaitu momen penahan yang telah ditingkatkan).

$$SF_{\text{yang diinginkan}} = \frac{\text{Momen Penahan } (M_R)}{\text{Momen Penggerak } (M_D)}$$

Di mana:

$SF_{\text{yang diinginkan}}$ = Safety Factor yang hendak dicapai

$M_R = \sum Cu_i \times L_i \times R_i = M_R \text{ dari tanah} + \Delta M_R \text{ dari cerucuk}$

Cu = Tegangan geser *undrained* tanah dasar

L = Panjang bidang gelincir

R = Jar-jari putar bidang gelincir

$$M_R = M_R \text{ dari tanah} + \Delta M_R \text{ dari cerucuk}$$

Di mana:

$$M_R = SF_{\text{yang diinginkan}} \times M_D$$

$$M_R \text{ dari tanah} = SF_{\text{yang ada}} \times M_D$$

Maka:

$$(SF_{\text{yang diinginkan}} \times M_D) = (SF_{\text{yang ada}} \times M_D) + \Delta M_R \text{ dari cerucuk}$$

$$\Delta M_R \text{ dari cerucuk} = (SF_{\text{yang diinginkan}} - SF_{\text{yang ada}}) \times M_D$$

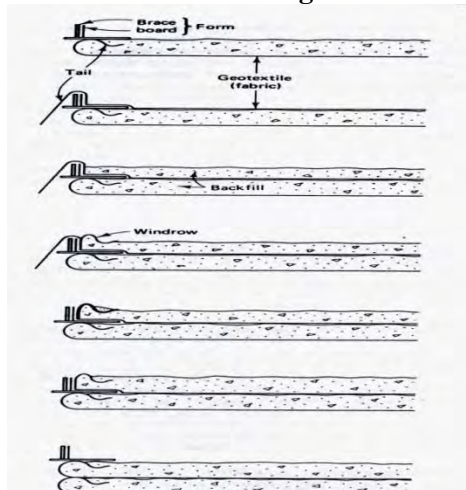
Tambahan ΔM_R tersebut merupakan tambahan momen penahan yang ditimbulkan oleh adanya cerucuk, sehingga jumlah cerucuk yang dibutuhkan (n), adalah:

$$n \times P_{\text{max 1 cerucuk}} \times R = (SF_{\text{yang diinginkan}} - SF_{\text{yang ada}}) \times M_D$$

$$n = \frac{(SF_{\text{yang diinginkan}} - SF_{\text{yang ada}}) \times M_D}{P_{\text{max 1 cerucuk}} \times R} \quad [2.22]$$

2.7 Metode Perkuatan Geotextile Wall

2.7.1 Prinsip Geotextile untuk Dinding Penahan Tanah



Gambar 2.11 Proses Pelaksanaan Dinding Penahan Tanah dengan Penggunaan Geotekstil sebagai Reinforcement

Stabilitas *Geotextile* sebagai dinding penahan tanah yang perlu ditinjau adalah *Internal Stability* dan *External Stability*.

Pada *Internal Stability* gaya-gaya yang perlu diperhatikan adalah :

- Tanah di beakang dinding
- Beban luar : Beban Surcharge
 Beban Hidup

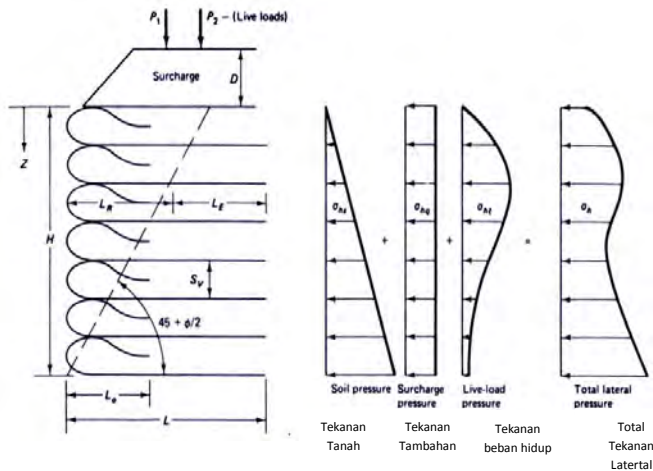
Besar tegangan horisontal yang diterima dinding (σ_H) :

$$\sigma_H = \sigma_{HS} + \sigma_{Hq} + \sigma_{HL} \quad [2.23]$$

Dimana : σ_{HS} = tegangan horisontal akibat tanah dibelakang dinding

σ_{Hq} = tegangan horisontal akibat tanah timbunan surcharge

σ_{HL} = tegangan horisontal akibat tanah hidup



Gambar 2.12 Prinsip Beban yang Bekerja pada *Geotextile Wall*

Jarak Vertikal pemasangan geotextile (S_v) :

$$\sigma_{HZ} x S_v x 1 = \frac{T_{ALL}}{SF} \rightarrow S_v = \frac{T_{ALL}}{SF x \sigma_{HZ} x 1} \quad [2.24]$$

Dimana : σ_{HZ} = tegangan horisontal pada kedalaman Z

$$SF = 1.3 \text{ s/d } 1.5$$

Panjang *Geotextile* yang ditanam (L) :

$$L = L_e + L_R$$

L_e = panjang geotextile yang berada dalam *anchorage zone*
(minimum = 3 ft /1.0m)

L_R = panjang geotextile yang berada di depan bidang longsor

Dimana :

Panjang L_R

$$L_R = (H - Z) x \left[tg \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \right] \quad [2.25]$$

Panjang L_e

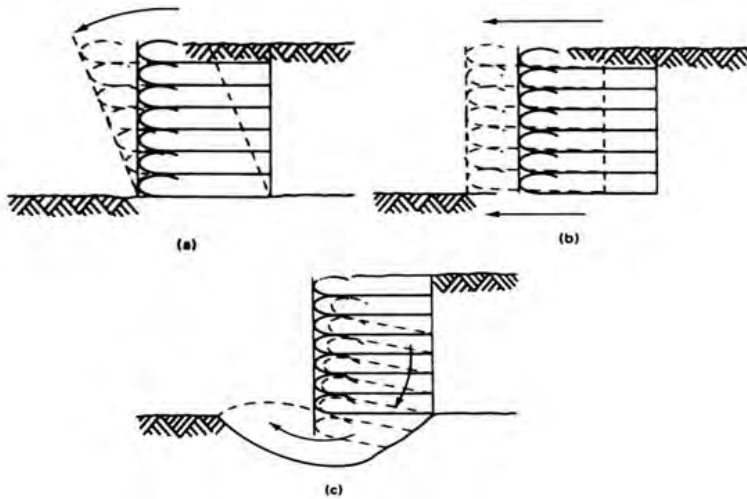
$$L_e = \frac{S_v \cdot \sigma_H \cdot SF}{2[c + \sigma_v(tg \delta)]} \quad [2.26]$$

Panjang Lipatan L_o Gaya yang diperhitungkan $\frac{1}{2} \sigma_H$:

$$L_o = \frac{S_v \cdot \sigma_H \cdot SF}{4[c + \sigma_v(tg \delta)]} \quad [2.27]$$

Untuk perencanaan *Geotextile* sebagai dinding penahan tanah perlu diperhatikan *External Stability*, yaitu:

- Aman terhadap geser
- Aman terhadap guling
- Aman terhadap kelongsoran daya dukung



Gambar 2.13 *External Stability* pada *Geotextile Walls* (a) Aman terhadap geser (b) Aman terhadap geser (c) Aman terhadap kelongsoran daya dukung

2.7.2 Tekanan Tanah Lateral

Dinding penahan tanah, turap, galian yang diperkokoh maupun tidak, semuanya memerlukan perkiraan tekanan tanah lateral secara kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisa perencanaan maupun untuk analisa stabilitas. Tekanan tanah lateral merupakan salah satu bagian perencanaan penting, khususnya dalam hal teknik pondasi maupun bangunan penahan tanah.

Dalam memperkirakan dan menghitung kestabilan dinding penahan, diperlukan menghitung tekanan ke arah samping (lateral). Tekanan lateral terjadi karena massa tanah menerima beban akibat tegangan normal maupun berat kolom tanah. Hal ini menyebabkan terjadinya tekanan ke arah tegak lurus atau ke arah samping. Besarnya tekanan tanah lateral sendiri sangat

dipengaruhi oleh fisik tanah, sudut geser, dan kemiringan tanah terhadap bentuk struktur dinding penahan.

Tekanan tanah lateral dibagi menjadi tekanan tanah dalam keadaan diam, tekanan tanah aktif, dan tekanan tanah pasif. Tekanan tanah dalam kondisi diam terjadi akibat massa tanah pada dinding penahan berada dalam kondisi seimbang. Tekanan tanah aktif merupakan tekanan yang berusaha untuk mendorong dinding penahan tersebut kedepan. Sementara tekanan tanah pasif merupakan tekanan yang berusaha mengimbangi tekanan tanah aktif.

2.7.1.1 Tekanan Lateral Aktif

Tekanan aktif merupakan tekanan yang mendorong dinding penahan tanah ke arah horizontal. Sementara dinding penahan tanah harus dalam keadaan seimbang dalam menahan tekanan arah horizontal. Tekanan ini dapat dievaluasi dengan menggunakan koefisien tanah K_a . Rumusan tekanan horizontal dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma_a = K_a \times \gamma \times H \quad [2.28]$$

Dimana harga K_a :

- Untuk tanah datar:

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad [2.29]$$

- Untuk tanah miring:

$$K_a = \left(\frac{\cos \phi}{1 + \sqrt{\frac{\sin \phi \sin(\phi - \delta)}{\cos \delta}}} \right)^2$$

Dimana: ϕ = sudut geser tanah
 δ = kemiringan tanah

Selain itu, kohesi sebagai lekatan antara butiran tanah juga memiliki pengaruh mengurangi tekanan aktif tanah yaitu sebesar $2c\sqrt{K_a}$, sehingga perumusan menjadi:

$$\sigma_a = K_a \times \gamma \times H - 2 \times c \times \sqrt{K_a} \quad [2.30]$$

dimana c = kohesi tanah.

2.7.1.2 Tekanan Lateral Pasif

Tekanan lateral pasif tanah merupakan tekanan yang melawan arah dari tekanan lateral aktif. Hal ini disebabkan oleh gaya yang mendorong dinding cencerung ke arah urugannya. Tekanan pasif menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah, yaitu gaya yang dibutuhkan untuk menahan dinding penahan tanah sebelum terjadi kegagalan.

Rumusan tekanan horizontal pasif dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma_p = K_p \times \gamma \times H \quad [2.31]$$

Dimana harga K_p

- Untuk tanah datar adalah:

$$K_p = \frac{1+\sin Q}{1-\sin Q} = \tan^2 \left(45 + \frac{Q}{2} \right) = \frac{1}{K_a} \quad [2.32]$$

- Untuk tanah miring adalah:

$$K_a = \left(\frac{\cos Q}{1 + \sqrt{\frac{\sin Q \sin(Q+\delta)}{\cos \delta}}} \right)^2$$

Dimana: Q = sudut geser tanah

δ = kemiringan tanah

Dalam kasus tekanan lateral pasif, kohesi (lekatan antar butiran tanah) mempunyai pengaruh memperbesar tekanan pasif tanah sebesar $2c\sqrt{K_a}$, sehingga perumusan menjadi:

$$\sigma_p = K_p \times \gamma \times H + 2 \times c \times \sqrt{K_p} \quad [2.33]$$

2.8 Pembebanan Dinding Penahan Tanah

Beban pada dinding penahan tanah terdiri dari:

- Tekanan tanah aktif dibelakan dinding dan dekkanan tanah pasif didepan dinding
- Berat tanah diatas tapak tumit dan diatas tapak kaki
- Berat sendiri dinding penahan
- Beban permukaan, misal disebabkan oleh lereng tanah
- Beban lainnya, misal tekanan air dari samping dan dari bawah (uplift)

2.9 Kontrol Syarat Kestabilan Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah yang digunakan harus memenuhi beberapa syarat yang harus dikontrol yaitu:

1. Dinding penahan tidak tergeser
2. Dinding penahan tidak mengalami penurunan (kontrol daya dukung)
3. Dinding penahan tidak mengalami *overal stability problem*

2.9.1 Kontrol Terhadap Geser

Faktor keamanan dapat dihitung dengan tumusan:

$$F = \frac{a \times b + N \times \tan \delta}{T}$$

Dimana: R = resultan gaya-gaya yang bekerja

N = komponen vertikal R

T = komponen horizontal R

b = lebar pondasi / landasan

a = karakteristik adhesi

δ = sudut geser antara dasar tembok dengan tanah

F = faktor keamanan

$F \geq 1,5 \rightarrow$ untuk tekanan pasif diabaikan

$F \geq 2,0 \rightarrow$ untuk tekanan pasif tidak diabaikan

Menurut Terzaghi dan Peck, unsur adhesi dapat diabaikan namun tetap menggunakan unsur lekatan antar tanah dan pondasi, sehingga perumusannya menjadi:

$$F = \frac{N \times \tan \delta}{T}$$

Tabel 2.3 Hambatan antar Tanah dan pondasi

| | |
|---|---------------------|
| Tanah pondasi dengan butiran kasar, tanpa lempung dan lanau | $\delta = 30^\circ$ |
| Tanah pondasi dengan butiran kasar, dengan lempung atau lanau | $\delta = 25^\circ$ |
| Kasus yang lainnya | $\delta = 20^\circ$ |

(sumber : Herman Wahyudi, 1999)

Geser juga bisa terjadi didalam dinding penahan itu sendiri. Syarat agar tidak terjadi hal demikian adalah:

$$T < f \times N$$

$$F = \frac{f \times N}{T}$$

Dimana:

f = koefisien gesekan antar material didalam dinding.

Pada umumnya dipakai $f = 0,60$. (Wahyudi, Herman 1999)

2.9.2 Kontrol Terhadap Daya Dukung Sebagai Pondasi

Kontrol daya dukung tanah yang dikemukakan oleh Terzaghi adalah :

$$q_1 = 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma + C \cdot N_c + (\gamma \cdot D + q_0) N_q$$

$$q_1 = \left(1 - 0,2 \frac{B}{L}\right) \cdot \gamma \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma + \left(1 + 0,2 \frac{B}{L}\right) \cdot C \cdot N_c + (\gamma \cdot D + q_0) \cdot N_q$$

Tegangan ijin yang terjadi adalah:

$$\sigma_{\text{yang terjadi}} = \frac{q_1}{SF}$$

Dimana: q_l = tegangan dalam tanah maksimum
 B = lebar dasar pondasi
 D = kedalaman pondasi (terdalam)
 γ = berat volume tanah
 C = kohesi tanah
 N_γ, N_c, N_q = koefisien daya dukung tanah akibat ϕ
 SF = angka keamanan, umumnya ditetapkan $\geq 1,5$

Tabel 2.4 Harga N_γ, N_c, N_q (Caquot dan Kerisel)

| ϕ° | N_c | N_γ | N_q |
|--------------|--------|------------|--------|
| 0 | 5,14 | 0 | 1,00 |
| 5 | 6,50 | 0,10 | 1,60 |
| 10 | 8,40 | 0,50 | 2,50 |
| 15 | 11,00 | 1,40 | 4,00 |
| 20 | 14,80 | 3,50 | 6,40 |
| 25 | 20,70 | 8,10 | 10,70 |
| 30 | 30,00 | 18,10 | 18,40 |
| 35 | 46,00 | 41,10 | 33,30 |
| 40 | 75,30 | 100,00 | 64,20 |
| 45 | 134,00 | 254,00 | 135,00 |

(sumber: Herman Wahyudi, 1999)

Untuk mencari tegangan yang terjadi juga dapat digunakan rumus:

$$\sigma_{max} = \frac{\sum V}{A} \pm \frac{\sum Mo}{W} \quad [2.80]$$

Rumus tersebut berlaku bila $\frac{\sum V}{A} > \frac{\sum Mo}{W}$, bila $\frac{\sum V}{A} < \frac{\sum Mo}{W}$, maka dipakai rumus:

$$\sigma_{terjadi} = \frac{2 Va}{3 \left(0.5B - \frac{Mo}{V} \right)}$$

2.10 Daya Dukung Tiang Pancang

2.10.1 Perumusan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang

Secara umum perumusan kapasitas daya dukung tiang pancang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{ult} = Q_s + Q_p$$

di mana:

Q_{ult} = Daya dukung *ultimate* pondasi tiang pancang

Q_s = Gesekan sepanjang keliling tiang pancang (*friction*).

Q_p = Daya dukung ujung tiang pancang (*end bearing capacity*)

Adapun metode yang dipakai untuk mendapatkan harga Q_{ult} dalam penuisan Tugas Akhir ini adalah berdasarkan data SPT (*Standard Penetration Test*) di lapangan.

2.10.2 Perencanaan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan SPT Lapangan

Data SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan daya dukung tiang pancang dan harus dilakukan beberapa koreksi terhadap data tersebut. Koreksi-koreksi yang harus diperhitungkan adalah sebagai berikut:

1. Koreksi terhadap muka air tanah

- Untuk tanah pasir halus, pasir belanau, dan pasir berlempung yang berada di bawah muka air tanah dengan harga $N > 15$, maka harga N dikoreksi dengan menggunakan persamaan berikut dan diambil harga yang terkecil:

a. $N_1 = 15 + \frac{1}{2} (N - 15)$ (Terzaghi & Peck, 1960)

b. $N_1 = 0,6 N$ (Bazaraa, 1967)

- Untuk jenis tanah lempung, lanau, pasir kasar dengan harga $N \leq 15$ tidak perlu dilakukan koreksi sehingga $N_1 = N$.

Catatan: Untuk jenis tanah di lar pasir tersebut di atas, koreksi ini tidak diperlukan.

2. Koreksi terhadap *overburden pressure* dari tanah

Hasil dari koreksi terhadap muka air tanah (N_1) dikoreksi terhadap pengaruh tekanan vertikal efektif pada lapisan tanah, di mana harga N tersebut didapatkan (tekanan vertikal efektif = tekanan *overburden*).

Menurut Bazaraa (1967), koreksi terhadap tekanan *overburden* dapat dilakukan dengan persamaan berikut:

- Bila $\sigma_0 \leq 7,5 \text{ ton/m}^2$, maka:

$$N_2 = \frac{4xN_t}{1+0,4x\sigma_0}$$

- Bila $\sigma_0 > 7,5 \text{ ton/m}^2$, maka:

$$N_2 = \frac{4xN_t}{3,25+0,1x\sigma_0}$$

di mana:

σ_0 = tekanan tanah vertikal efektif pada lapisan tanah atau kedalaman yang ditinjau, dalam satuan ton/m^2 .

$$= \sum \gamma_i' x h_i$$

Harga N_2 yang didapat nilainya harus kurang dari atau sama dengan dua kali harga N_1 ($N_2 \leq 2N_1$).

Untuk menghitung *end-bearing capacity* dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$P_{\text{ujung}} = Cn_{\text{ujung}} \times A_{\text{ujung}} \text{ (ton)}$$

di mana:

$$Cn_{\text{ujung}} = 40 \times N_2 \text{ (ton/m}^2\text{)}$$

N_2 = harga rata-rata N_2 dari 4.D di bawah ujung tiang pancang sampai dengan 8.D di atas ujung tiang pancang.

$$A_{\text{ujung}} = \text{luas ujung tiang pancang, (m}^2\text{)}$$

Untuk menghitung *friction* sepanjang tiang pancang dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\sum Ps_i = Cl_i \times AS_i$$

di mana:

$Cl_i = fs_i$ = hambatan geser selimut tang pada setiap lapisan atau kedalaman.

= $N_i / 2 \text{ (ton/m}^2\text{)}$, untuk tanah lempung atau lanau.

= $N_i / 5 \text{ (ton.m}^2\text{)}$, untuk tanah pasir.

AS_i = luas selimut tiang pada setiap lapisan i.

= $O_i \times h_i$

O_i = keliling tiang pancang.

Sehingga:

$$P_{\text{ult 1 tiang}} = P_{\text{ujung}} + \sum RS_i$$

$$P_{ijin} = \frac{P_{ult \ 1 \ tiang}}{SF}$$

Harga $SF = 2$ untuk beban sementara, dan $SF = 3$ untuk beban tetap.

2.10.3 Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang Pancang

Jika daya dukung *ultimate* kelompok tiang pancang kategori *end bearing piles*, maka daya dukung kelompok tiang pancang dapat dianggap sebagai daya dukung sebuah tiang dikalikan dengan jumlah tiang pancang. Tetap jika termasuk kategori *friction piles*, maka terdapat faktor reduksi pada daya dukung tiang pancang.

Faktor reduksi tersebut dapat ditentukan dengan rumus Converse-Labarre (Poulos dan Davis, 1980), yaitu:

$$C = 1 - \arctg \frac{D}{S} \times \left[\frac{(n-1) \times m + (m-1) \times n}{90 \times m \times n} \right]$$

di mana:

- C = faktor reduksi
- D = diameter tiang pancang
- S = jarak antara pusat tiang pancang
- m = jumlah baris dalam kelompok tiang pancang
- n = jumlah tiang pancang dalam satu baris

2.10.4 Ketahanan Pondasi Tiang Pancang terhadap Gaya Lateral

Selain didesain mampu menahan gaya vertikal, pondasi tiang pancang juga harus didesain mampu menahan gaya lateral yang bekerja padanya. Pada konstruksi jembatan, gaya lateral yang bekerja pada pondasi tiang pancang dapat berupa gaya gesek pada tumpuan bergerak, gaya rem, gaya gempa, gaya akibat angin, dan gaya akibat tekanan tanah.

Perumusan yang dipakai dalam perhitungan gaya lateral yang mampu diterima oleh pondasi tiang pancang dalam tugas akhir ini diambil dari NAVFAC DM-7 (1971). Menurut NAVFAC DM-7 tersebut, gaya lateral yang bekerja pada pondasi tiang pancang dibedakan atas 3 (tiga) kondisi, yaitu:

1. Tiang pancang yang poernya fleksibel atau tiang pancang yang terjepit ujungnya (**Gambar 2.14**). Kondisi ini disebut sebagai kondisi I.
2. Tiang pancang dengan poer kaku menempel di atas permukaan tanah (**Gambar 2.14**). Kondisi ini disebut sebagai kondisi II.
3. Tiang pancang dengan poer kaku terletak pada suatu ketinggian (**Gambar 2.14**). Kondisi ini disebut sebagai kondisi III.

Prosedur perhitungan untuk masing-masing kondisi adalah sebagai berikut:

• **Kondisi I:**

1. Menghitung faktor kekakuan relative (*relative stiffness factor*).

$$T = \left(\frac{E \times I}{f} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (\text{seperti persamaan 2.7.1})$$

di mana:

- E = modulus elastisitas tiang (cerucuk), Kg/cm²
- I = momen inersia tiang (cerucuk), cm⁴
- f = koefisien dari variasi modulus tanah, kg/cm³
- T = dalam cm

2. Menghitung defleksi, momen dan gaya geser pada kedalaman yang ditinjau dari rumus yang terdapat pada **Gambar 2.15**.

• **Kondisi II:**

1. Sama dengan langkah 1 kondisi I.
2. Menentukan koefisien defleksi (F_o) dan koefisien (F_M) berdasarkan Gambar 2.22.
3. Menghitung defleksi dan besarnya momen berdasarkan rumus yang terdapat pada Gambar **2.16**.
4. Gaya geser maksimum dianggap terjadi pada ujung atas tiang pancang, yang besarnya untuk 1 tiang pancang adalah:

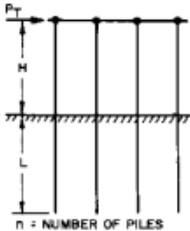

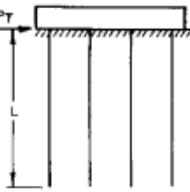

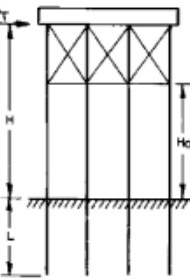

$$P = \frac{PT}{n}$$

di mana:

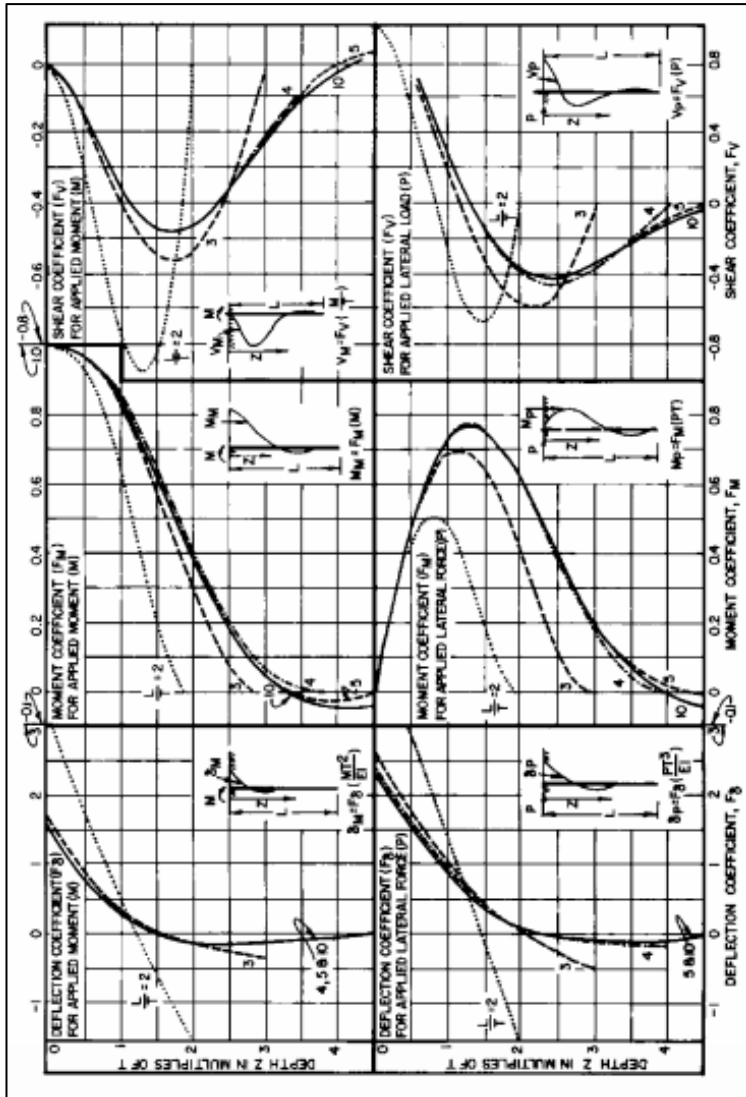
- P = besar gaya geser 1 tiang pancang
- PT = besar gaya geser total yang bekerja
- n = jumlah tiang pancang

- **Kondisi III:**

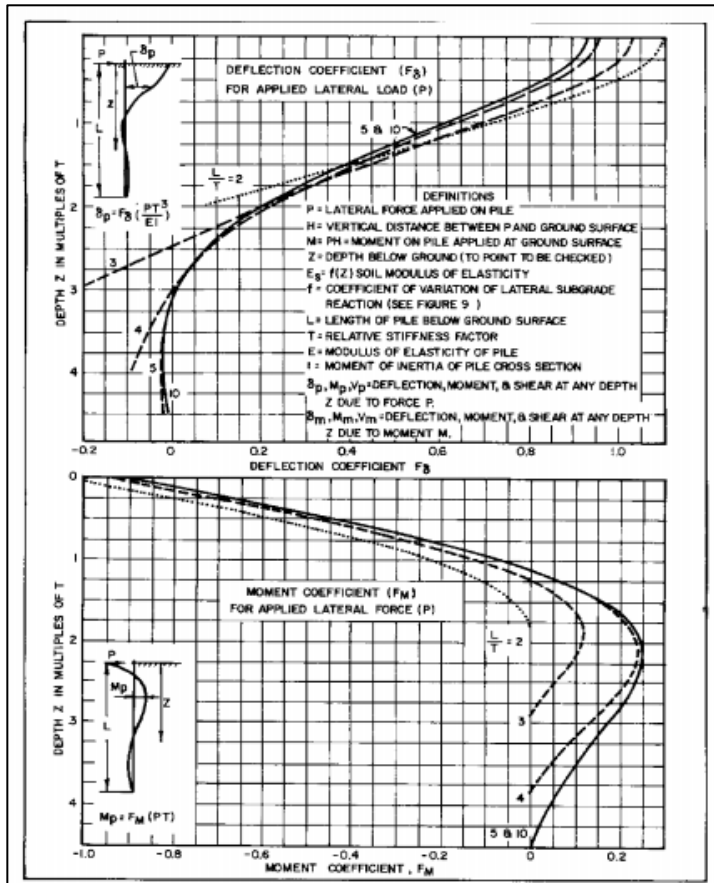
1. Menganggap pada titik A terjadi jepitan dan momen M_1 seperti pada **Gambar 2.17**.
2. Menghitung sudut θ_2 di atas tanah.
3. Menghitung sudut θ_1 dari koefisien sudut (F_o) dari rumus yang terdapat pada **Gambar 2.17**.
4. Dengan persamaan $\theta_1 = \theta_2$, diperoleh nilai momen.
5. Setelah mendapatkan nilai M dan P_1 , menghitung besarnya defleksi, gaya geser dan momen seperti pada Kondisi I.

| CASE I. FLEXIBLE CAP, ELEVATED POSITION | | |
|--|--|---|
| CONDITION | LOAD AT GROUND LINE | DESIGN PROCEDURE |
|  <p>$n = \text{NUMBER OF PILES}$</p> | <p>FOR EACH PILE:</p> $P = \frac{P_T}{n}$ $M = PH$  <p>DEFLECTED POSITION</p> | <p>FOR DEFINITION OF PARAMETERS SEE FIGURE 12</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. COMPUTE RELATIVE STIFFNESS FACTOR. $T = \left(\frac{EI}{P} \right)^{1/5}$ 2. SELECT CURVE FOR PROPER $\frac{L}{T}$ IN FIGURE 11. 3. OBTAIN COEFFICIENTS F_B, F_M, F_V AT DEPTHS DESIRED. 4. COMPUTE DEFLECTION, MOMENT AND SHEAR AT DESIRED DEPTHS USING FORMULAS OF FIGURE 11. <p>NOTE: "f" VALUES FROM FIGURE 9 AND CONVERT TO LB/IN³.</p> |
| CASE II. PILES WITH RIGID CAP AT GROUND SURFACE | | |
|  |  | <ol style="list-style-type: none"> 1. PROCEED AS IN STEP 1, CASE I. 2. COMPUTE DEFLECTION AND MOMENT AT DESIRED DEPTHS USING COEFFICIENTS F_B, F_M AND FORMULAS OF FIGURE 12. 3. MAXIMUM SHEAR OCCURS AT TOP OF PILE AND EQUALS $P = \frac{P_T}{n}$ IN EACH PILE. |
| CASE III. RIGID CAP, ELEVATED POSITION | | |
|  | <p>DEFLECTED POSITION</p>  | <ol style="list-style-type: none"> 1. ASSUME A HINGE AT POINT A WITH A BALANCING MOMENT M APPLIED AT POINT A. 2. COMPUTE SLOPE θ_2 ABOVE GROUND AS A FUNCTION OF M FROM CHARACTERISTICS OF SUPERSTRUCTURE. 3. COMPUTE SLOPE θ_1 FROM SLOPE COEFFICIENTS OF FIGURE 13 AS FOLLOWS: $\theta_1 = F_\theta \left(\frac{P-T^2}{EI} \right) + F_\theta \left(\frac{MT}{EI} \right)$ 4. EQUATE $\theta_1 = \theta_2$ AND SOLVE FOR VALUE OF M. 5. KNOWING VALUES OF P AND M, SOLVE FOR DEFLECTION, SHEAR, AND MOMENT AS IN CASE I. <p>NOTE: IF GROUND SURFACE AT PILE LOCATION IS INCLINED, LOAD P TAKEN BY EACH PILE IS PROPORTIONAL TO I/H_0^3.</p> |

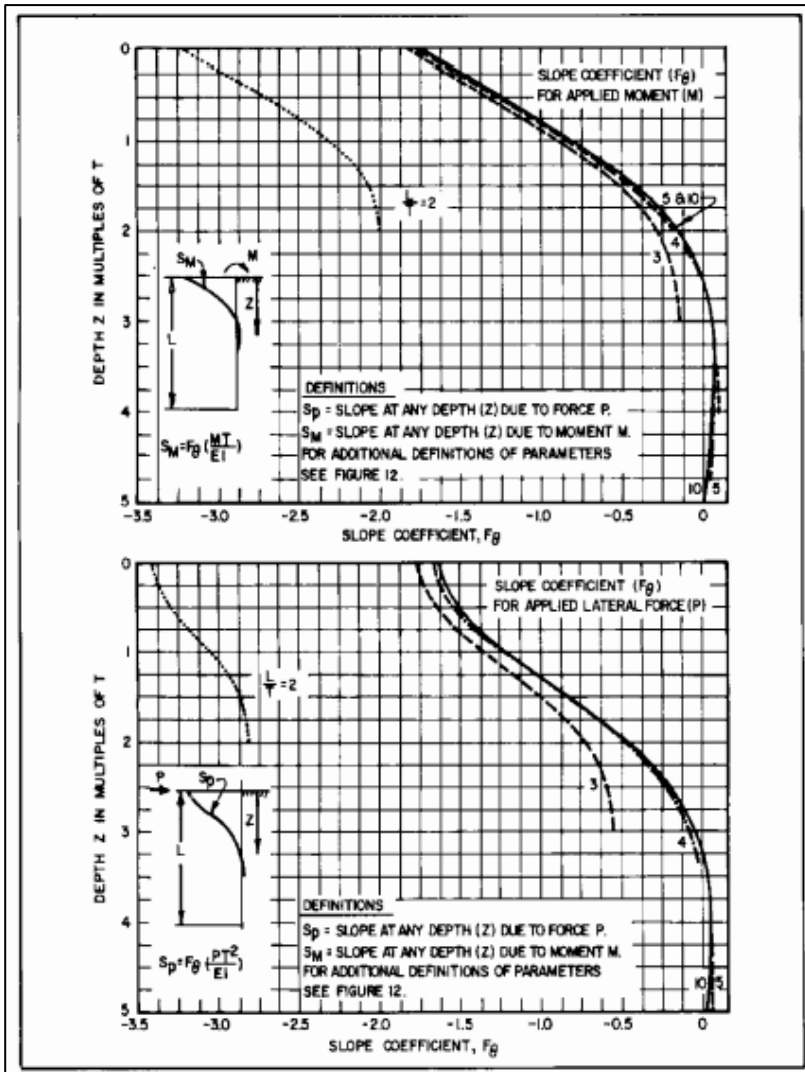
Gambar 2.14: Prosedur Desain untuk Masing-Masing Kondisi
(Sumber : *Design Manual, NAVFAC DM-7, 1971*)



Gambar 2.15: Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi I
(Sumber: NAVFAC DM-7, 1971)



Gambar 2.16: Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi II
(Sumber: NAVFAC DM-7, 1971)



Gambar 2.17: Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi III
 (Sumber: NAVFAC DM-7, 1971)

2.11 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi horizontal dari sumbu tegak lurus bidang peta situasi jalan. Alinyemen horizontal ini merupakan trase jalan yang terdiri dari:

- Garis lurus (tangen)
- Lengkung horizontal yang disebut tikungan

Tikungan ini merupakan bagian yang sangat kritis dari alinyemen horizontal, karena pada tikungan terdapat gaya sentrifugal yang mengakibatkan kendaraan terlempar keluar dari tikungan.

Perhitungan alinyemen horizontal didasarkan pada:

- Kecepatan rencana (V_r)
- Jari-jari tikungan (R)
- Sudut kelengkungan (Δ)

2.11.1 Gaya Sentrifugal

Apabila suatu kendaraan bergerak dengan kecepatan tetap V pada bidang datar atau miring dengan lintasan, maka dalam kendaraan tersebut bekerja gaya kecepatan V dan gaya sentrifugal F . Gaya sentrifugal mendorong kendaraan secara radial keluar dari lajur jalannya, berarah tegak lurus terhadap kecepatan V . Gaya ini menimbulkan perasaan tidak nyaman pada pengemudi. Besarnya gaya sentrifugal dapat ditulis sebagai berikut:

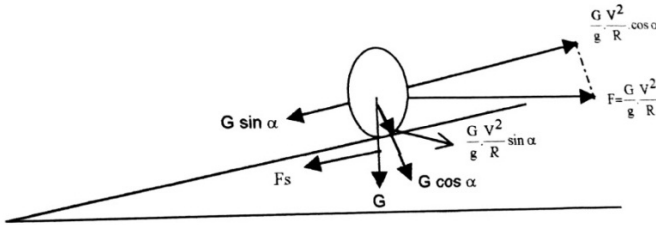
$$F = \frac{G \cdot V^2}{g \cdot R}$$

Di mana: G = berat kendaraan
 g = gaya gravitasi Bumi
 V = kecepatan kendaraan
 R = jari-jari lengkung lintasan

Gaya yang sama-sama mengimbangi gaya gesekan tersebut dapat berasal dari:

- Gaya gesekan melintang antara ban dengan permukaan jalan
- Komponen berat kendaraan akibat kemiringan melintang permukaan jalan

Gaya-gaya yang bekerja pada lengkung horizontal dapat dilihat pada **Gambar 2.18**, yaitu gaya sentrifugal F , berat kendaraan G , dan gaya gesekan antara ban dan permukaan jalan F_s .



Gambar 2.18 Gaya – Gaya yang Bekerja pada Lengkung Horizontal

$$G \cdot \sin \alpha + F_s = \frac{G}{g} \cdot \frac{V^2}{R} \cdot \cos \alpha$$

$$G \cdot \sin \alpha + f \cdot (G \cdot \cos \alpha + \frac{G}{g} \cdot \frac{V^2}{R} \cdot \sin \alpha) = \frac{G}{g} \cdot \frac{V^2}{R} (\cos \alpha - f \cdot \sin \alpha)$$

$$G \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} + f \cdot G = \frac{G}{g} \cdot \frac{V^2}{R} (1 - f \cdot \tan \alpha)$$

$$e - \tan \alpha$$

$$e + ef = \frac{G}{g} \cdot \frac{V^2}{R} (1 - f)$$

$$\frac{e + f}{1 - ef} = \frac{V^2}{g \cdot R}$$

Karena nilai ef kecil maka dapat diabaikan dengan rumus umum untuk lengkung horizontal adalah sebagai berikut:

$$e + f = \frac{V^2}{g \cdot R}$$

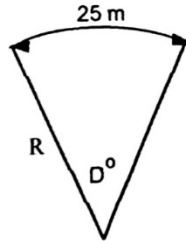
Jika V dinyatakan dalam km/jam, $g = 9,81 \text{ m/det}^2$, dan R dalam m, maka diperoleh:

$$e + f = \frac{V^2}{127 \cdot R}$$

Ketajaman lengkung horizontal dinyatakan dengan besarnya radius dari lengkung tersebut dengan besarnya derajat lengkung. Derajat lengkung adalah besarnya sudut lengkung yang

menghasilkan busur 25 m yang dapat dilihat pada **Gambar 2.19**. Semakin besar R semakin kecil D dan semakin tumouul lengkung horizontal rencna. Sebaliknya semakin kecil R, maka semakin besar D dan semakin tajam lengkung horizontal yang direncanakan.

Ini berarti:



Gambar 2.19 Korelasi antara Derajat Lengkung D dan Radius Lengkung R

Nilai ekstrim diperoleh untuk kondisi jalan lurus dimana radius lengkung adalah tak terhingga. Nilai Ekstrim yang lain adalah untuk kondisi lengkungan tertajam dengan radius minimum.

$e + f = 0$ jalan lurus, R tak berhingga
 $e + f = (e + f)_{maks}$ jalan pada lengkung dengan $R = R_{min}$

ASSHTO '90 memberikan 5 metode distribusi nilai $e + f$. Indonesia umumnya menggunakan metode ke 5 yakni metode e (superelevasi) dan D (derajat kelengkungan) berdasarkan lengkung parabola tak simetris.

2.11.2 Kemiringan Melintang Normal

Pada jalan lurus kendaraan bergerak tanpa membutuhkan kemiringan melintang jalan. Tetapi agar air hujan yang jatuh pada permukaan jalan cepat mengalir ke samping, maka dibuatkan kemiringan melintang jalan yang umum disebut sebagai

kemiringan melintang normal. Besarnya kemiringan melintang normal sangat bergantung pada jenis lapisan permukaan yang dipergunakan. Semakin kedap air muka jalan tersebut semakin landai kemiringan melintang jalan yang dibutuhkan, sebaliknya lapisan permukaan yang mudah dirembesi air harus mempunyai kemiringan melintang yang cukup besar, sehingga kerusakan konstruksi perkerasan dapat dihindari. Besarnya kemiringan melintang ini berkisar antara 2 – 4 %.

2.11.3 Lengkung Peralihan

Pada lengkung horizontal yang tumpul dengan jari-jatri yang besar lintasan kendaraan masih dapat berada pada lajur yang disediakan, mengambil laju lain disampingnya. Guna menghindari hal tersebut maka sebaiknya dibuatkan lengkung dimana lengkung tersebut merupakan peralihan dari $R=R_c$. Lengkung tersebut disebut lengkung peralihan.

Bentuk lengkung peralihan yang memberikan bentuk sama dengan jejak kendaraan ketika beralih dari jalan lurus ke tikungan berbentuk busur lingkaran dan sebaliknya, dipengaruhi oleh sifat mengemudi, kecepatan kendaraan, radius kelengkungan, dan kemiringan jalan. Bentuk lengkung atau clothoid adalah bentuk yang banyak dipergunakan saat ini.

Adapun panjang lengkung peralihan L_s yang dipilih untuk perencanaan merupakan panjang terpanjang dari pemenuhan syarat:

- a. Kelandaian relatif maksimum
- b. Panjang lengkung peralihan berdasarkan Shortt Formula
- c. Lama perjalanan yang dilakukan pengemudi selama 3 dt menurut Bina Marga yang berguna untuk menghindari kesan patahnya tepi perkerasan jalan.

2.11.4 Landai Relatif

Landai relatif (1/m) dalah besarnya kelandaian akibat perbedaan elevasi tepi perkerasan sebelah luar sepanjang

lengkung peralihan. Perbedaan elevasi dalam hal ini hanya berdasarkan tinjauan perubahan bentuk penampang melintang jalan, belum merupakan gabungan dari perbedaan elevasi akibat kelandaian vertikal jalan. Menurut Bina Marga landai relatif : $(1/m) = h/L_s$

$$\frac{1}{m} = \frac{(e+e_n).B}{L_s}$$

Di mana: $1/m$ = landai relatif

L_s = panjang lengkung peralihan

e = superelevasi, m/m'

e_n = kemiringan melintang normal, m/m.

Besarnya landi relatif dipengaruhi oleh kecepatan. Pada jalan berlajur banyak maka pencapaian kemiringan tidak dapat menggunakan data di atas begitu saja. Dari pengamatan secara empiris diperoleh bahwa pencapaian kemiringan untuk jalan 3 lajur adalah 1,2 kali dari panjang kemiringan untuk jalan 2 lajur, jalan dengan 4 lajur memerlukan panjang pencapaian 1, kali panjang pencapaian untuk 2 lajur, dan untuk jalan 6 lajur panjang pencapaian yang diperlukan adalah 2 kali panjang pencapaian untuk 2 lajur. Nilai kelandaian relatif maksimum dapat dilihat pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2.5 Nilai kelandaian relatif maksimum (Bina Marga)

| Kecepatan Rencana Km/jam | Kelandaian Relatif Maksimum |
|-----------------------------|--------------------------------|
| 20 | 1/50 |
| 30 | 1/75 |
| 40 | 1/100 |
| 50 | 1/115 |
| 60 | 1/125 |
| 80 | 1/150 |
| 100 | - |

Dari batasan landai relatif maksimum dapat ditentukan panjang lengkung peralihan minimum yang dibutuhkan:

Landai relatif : $1/m = h/L_s$

$m \geq m_{maks}$

$$\frac{(e + e_n)}{L_s} \leq \frac{1}{m_{maks}}$$

$L_s \geq (e + e_n) \cdot b \cdot m_{maks}$

2.11.5 Bentuk Lengkung / Tikungan Horizontal

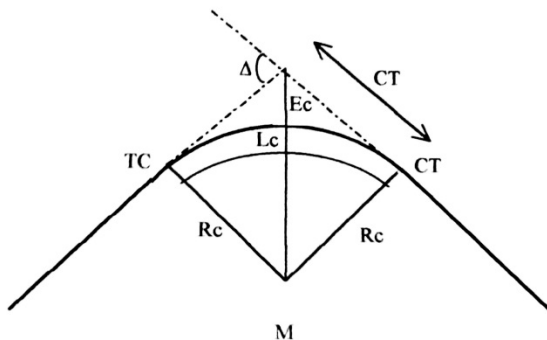
A. Bentuk Tikungan Circle (Busur Lingkaran)

Digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil. Batasan yang biasanya digunakan di Indonesia untuk tikungan bentuk circle dapat dilihat pada **Tabel 2.6**.

Tabel 2.6 Standar Jari-Jari Minimum

| KECEPATAN RENCANA (Km/h) | 120 | 100 | 80 | 60 | 40 | 30 |
|--------------------------------------|------|------|------|-----|-----|-----|
| JARI-JARI LENGKUNG MINIMUM (m) | 2000 | 1500 | 1100 | 700 | 300 | 180 |

Bila tikungan mempunyai jari-jari lebih kecil dari nilai yang ada diatas, maka bentuk tikungan yang dipakai adalah spiral-circle-spiral. Bentuk tikungan circle dapat dilihat pada **Gambar 2.20**.



Gambar 2.20 Bentuk Tikungan Circle

Keterangan :

- M = titik tengah busur lingkaran
 T_c = panjang tangen (jarak antara TC dan PI)
 TC = titik awal lingkaran (tangen circle)
 PH = nomor stasiun
 R_c = jari-jari lingkaran
 L_c = panjang bagian tikungan
 E_c = jarak PI ke lengkung peralihan
 Rumus yang dipakai pada tikungan bentuk Circle adalah:
 $T_c = R_c \cdot \text{tg. } \frac{1}{2} \Delta$
 $E_c = T_c \cdot \text{tg. } \frac{1}{2} \Delta$
 $L_c = \pi/360 \cdot 2 \cdot \Delta \cdot R_c$
 $= 0,01745 \cdot \Delta \cdot R_c$

B. Bentuk Tikungan Spiral- Circle-Spiral

Bentuk tikungan spiral-circle-spiral ini (lengkung busur lingkaran dengan lengkung peralihan) digunakan bila jari-jari lebih kecil dari batasan yang telah ditentukan pada tikungan yang melebihi harga maksimum yang telah ditentukan, yaitu:

- Kemiringan maksimum jalan luar kota = 0,10
- Kemiringan maksimum jalan dalam kota = 0,08

Jari-jari lengkung minimum :

$$R = \frac{V^2}{127 x (e + f)}$$

dimana : R = jari-jari lengkung minimum (m)

V = kecepatan rencana (km/h)

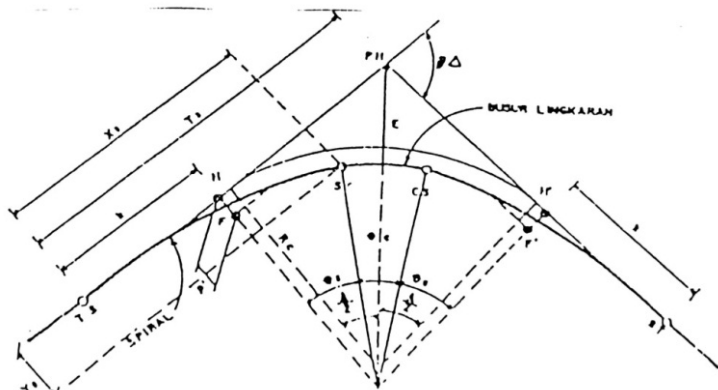
e = kemiringan tikungan (%)

f = koefisien gesekan melintang

Bila jari-jari lengkung cukup besar maka tidak perlu adanya kemiringan tikungan dapat dilihat pada **Tabel 2.7**.

Tabel 2.7 Kecepatan Rencana dan Jari-Jari Lengkung Minimum
SCS

| KECEPATAN RENCANA (Km/h) | 120 | 100 | 80 | 60 | 50 | 40 | 30 |
|---|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| JARI-JARI LENGKUNG MINIMUM (m) | 3000 | 2300 | 1600 | 1000 | 660 | 420 | 240 |



Gambar 2.21 Bentuk Tikungan Spiral-Circle-Spiral

Keterangan :

PH = nomor stasiun

R_c = jari-jari lingkaran

L_c = panjang bagian tikungan

E_c = jarak PI ke lengkung peralihan

TS = panjang tangen (jarak antara T_s dan PH)

k = jarak dari awal lengkung peralihan dimana titik H diturunkan ke titik F

p = jarak penurunan titik H ke titik F

X_s = jarak horizontal antara titik TS dan titik SC

Y_s = jarak vertikal antara titik TS an titik SC

Persamaan yang dipakai pada tikungan bentuk spiral-circle-spiral adalah:

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \times R_c^2} \right)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \times R_c}$$

$$T_s = (R + p) \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta + k$$

$$E_s = (R_c + p) \cdot \sec \frac{1}{2} \Delta$$

$$L = L_c + 2 \cdot L_s$$

$$\text{di mana: } L_c = \left(\frac{\Delta_c}{360} \right) \cdot 2\pi R_c \geq 20 \text{ m}$$

$$\Delta_c = \Delta - 2 \cdot \theta_s$$

$$\theta_s = \frac{90 \cdot L_s}{\pi \cdot R_c} \dots \text{derajat}$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 \cdot R_c} - R_c \cdot (1 - \cos \theta_s)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 \cdot R_c^2} - R_c \cdot \sin \theta_s$$

Persyaratan untuk lengkung spiral-circle-spiral:

Kontrol I : $L_c > 20 \text{ m}$

Kontrol II : $L < 2 \cdot L_s \dots \dots \dots \text{OK}$

C. Bentuk Tikungan Spiral-Spiral

Bentuk tikungan ini digunakan apabila lengkung spiral-circle-spiral tidak boleh dipakai karena panjang lengkung spiral (L_s) $< 20 \text{ m}$. Jadi panjang $L_c = 0$. R yang dipilih harus sedemikian rupa sehingga L_s yang dibutuhkan lebih besar dari L_s yang menghasilkan landai relatif (1/m) minimum yang disyaratkan. Sedang rumus-rumus yang digunakan sama seperti pada tikungan spiral-circle-spiral. Bentuk tikungan spiral-spiral ini dapat dilihat pada **Gambar 2.22**.

2.12 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah garis pokok yang dibentuk oleh bidang vertikal melalui sumbu jalan dengan bidang permukaan perkerasan jalan dan menyatakan bentuk geometrik jalan dalam arah vertikal. Garis alinyemen vertikal ini merupakan suatu rangkaian garis lurus yang satu dengan yang lainnya dihubungkan dengan lengkung vertikal.

Sedangkan lengkung vertikal sendiri dibagi menjadi 2 bagian, yaitu:

1. Lengkung vertikal cembung
2. Lengkung verikal cekung

Dari keterangan di atas, dapat diketahui bentuk penampang jalan pada arah memanjang, yang untuk menyatakan besarnya kenaikan atau penurunannya pada arah vertikal dalam suatu jarak horizontal dinyatakan dalam persen. Untuk pendakian dari arah kiri diberi tanda (+) dan untuk penurunan dari arah kiri diberi tanda (-).

Tabel 2.8 menunjukkan 2 kategori kelandaian maksimum. Untuk kasus biasa, kelandaian diperbolehkan mengikuti nilai-nilai yang ditunjukkan pada baris atas tabel tersebut. Bila anggaran tidak dapat menampung biaya untuk mendapatkan kelandaian standar maksimum terpanjang suatu bagian jalan yang pendek, maka kelandaian pada bagian bahu dapat dinaikkan sampai nilai kelandaian maksimum mutlak.

Tabel 2.8 Kecepatan Rencana dan Jari-Jari Lengkung Minimum
SS

| KECEPATAN RENCANA (Km/h) | 80 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 |
|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|
| Kelandaian MAKSIMUM STANDAR (%) | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Kelandaian MAKSIMUM MUTLAK (%) | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |

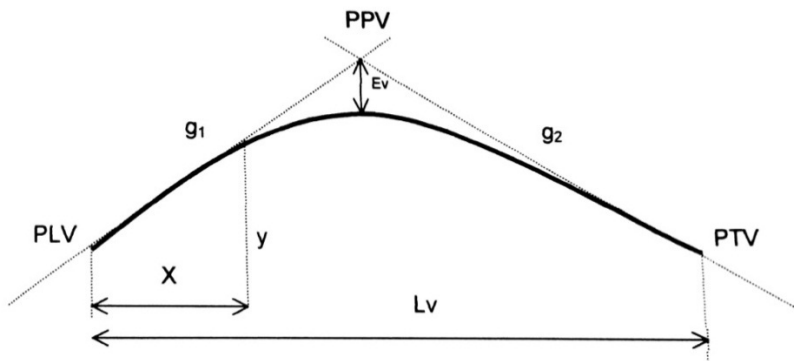
Dalam perencanaan kelandaian perlu diperhatikan landai maksimum yang masih tidak menghasilkan pengurangan kecepatan yang dapat mengganggu kelancaran lalu lintas. Besarnya panjang landai maksimum dapat dilihat pada **Tabel 2.9**.

Tabel 2.9 Hubungan Kelandaian dan Panjang Kritis

| Landai (%) | Panjang Kritis (m) |
|------------|--------------------|
| 3 | 480 |
| 4 | 330 |
| 5 | 250 |
| 6 | 200 |
| 7 | 170 |
| 8 | 150 |
| 10 | 135 |
| 12 | 120 |

2.12.1 Alinyemen Vertikal Cembung

Bentuk alinyemen vertikal cembung dapat dilihat pada **Gambar 2.23**.



Gambar 2.23 Alinyemen Vertikal Cembung

Perhitungan :

- Menentukan perbedaan aljabar landai, yaitu $A = |G_1 - G_2|$
- Menentukan panjang L_v , berdasarkan :

Jarak Pandangan Henti

$$L_v = S^2 \cdot \frac{A}{398} \dots \dots \dots \text{ (Jika } S < L \text{)}$$

$$L_v = 2 \cdot S^2 - \frac{399}{A} \dots \dots \dots \text{ (Jika } S > L \text{)}$$

Dimana : S = jarak pandangan henti (m)
 A = perbedaan aljabar untuk kelandaian
 $= G_1 - G_2 \dots (\%)$

Penyerapan guncangan:

$$L_v = V^2 \cdot \frac{A}{360}$$

Dimana : V = kecepatan rencana (km/h)
 A = perbedaan aljabar untuk kelandaian
 $= G_1 - G_2 \dots (\%)$

Keluwesannya bentuk:

$$L_v = 0,6 \cdot V \dots (\text{m})$$

Dimana : V = kecepatan rencana (km/h)

Syarat drainase:

$$L_v = 40 \cdot A \dots (\text{m})$$

Dimana : A = perbedaan aljabar untuk kelandaian =
 $G_1 - G_2 \dots (\%)$

Dari hasil perhitungan L_v di atas, yang paling ideal adalah harga yang terpanjang. Kemudian dicari elevasi masing-masing station port tersebut.

$$E_v = \frac{A \cdot L_v}{800}$$

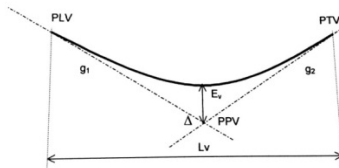
$$Y = \frac{A}{200 \cdot L_v} \cdot X^2$$

$$\text{Elevasi PLV} = \text{Elevasi PPV} \pm \frac{G_1}{100} \cdot \frac{1}{2} \cdot L_v$$

$$\text{Elevasi PLV} = \text{Elevasi PPV} \pm \frac{G_2}{100} \cdot \frac{1}{2} \cdot L_v$$

2.12.2 Alinyemen Vertikal Cekung

Bentuk alinyemen vertikal cembung dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.24 Alinyemen Vertikal Cekung

Perhitungan :

- Menentukan perbedaan aljabar landai, yaitu $A = |G_1 - G_2|$
- Menentukan panjang L_v , berdasarkan :

Jarak Pandangan Henti

$$L_v = S^2 \cdot \frac{A}{398} \dots\dots\dots (\text{ Jika } S < L)$$

$$L_v = 2.S^2 - \frac{3480}{A} \dots\dots\dots (\text{ Jika } S > L)$$

Dimana : S = jarak pandangan henti (m)
 A = perbedaan aljabar untuk kelandaian =

$G_1 - G_2 \dots$ (%)

Penyerapan guncangan:

$$L_v = V^2 \cdot \frac{A}{360}$$

Dimana : V = kecepatan rencana (km/h)
 A = perbedaan aljabar untuk kelandaian =

$G_1 - G_2 \dots$ (%)

Syarat kenyamanan:

$$L_v = \frac{A.V^2}{1300.a}$$

Dimana : a = percepatan sentripetal = $0,1 \text{ m/dt}^2$

Keluwasan bentuk:

$$L_v = 0,6 \cdot V \dots\dots(m)$$

Dimana : V = kecepatan rencana (km/h)

Syarat drainase:

$$L_v = 40 \cdot A \dots\dots(m)$$

Dimana : A = perbedaan aljabar untuk kelandaian =
 $G_1 - G_2 \dots$ (%)

Dari hasil perhitungan L_v di atas, yang paling ideal adalah harga yang terpanjang. Kemudian dicari elevasi masing-masing station port tersebut.

$$E_v = \frac{A.L_v}{800}$$

$$Y = \frac{A}{200.L_v} \cdot X^2$$

$$\text{Elevasi PLV} = \text{Elevasi PPV} \pm \frac{G_1}{100} \cdot \frac{1}{2} \cdot L_V$$

$$\text{Elevasi PLV} = \text{Elevasi PPV} \pm \frac{G_2}{100} \cdot \frac{1}{2} \cdot L_V$$

Tabel 2.10 e dan Ls Metode Bina Marga

| D | R | V = 50 km/jam | | V = 60 km/jam | | V = 70 km/jam | | V = 80 km/jam | | V = 90 km/jam | |
|--------|------|---------------|----|---------------|----|---------------|----|---------------|----|---------------|----|
| (m) | (m) | e | Ls | e | Ls | e | Ls | e | Ls | e | Ls |
| 0,250 | 5750 | LN | 0 | LN | 0 | LN | 0 | LN | 0 | LN | 0 |
| 0,500 | 2865 | LN | 0 | LN | 0 | LP | 60 | LP | 70 | LP | 75 |
| 0,750 | 1910 | LN | 0 | LP | 50 | LP | 60 | 0,020 | 70 | 0,025 | 75 |
| 1,000 | 1432 | LP | 45 | LP | 50 | 0,021 | 60 | 0,027 | 70 | 0,033 | 75 |
| 1,250 | 1146 | LP | 45 | LP | 50 | 0,025 | 60 | 0,033 | 70 | 0,040 | 75 |
| 1,500 | 955 | LP | 45 | 0,023 | 50 | 0,030 | 60 | 0,038 | 70 | 0,047 | 75 |
| 1,750 | 819 | LP | 45 | 0,028 | 50 | 0,035 | 60 | 0,044 | 70 | 0,054 | 75 |
| 2,000 | 716 | LP | 45 | 0,035 | 50 | 0,040 | 60 | 0,049 | 70 | 0,060 | 75 |
| 2,500 | 573 | 0,026 | 45 | 0,036 | 50 | 0,047 | 60 | 0,059 | 70 | 0,072 | 75 |
| 3,000 | 477 | 0,030 | 45 | 0,042 | 50 | 0,055 | 60 | 0,064 | 70 | 0,081 | 75 |
| 3,500 | 409 | 0,035 | 45 | 0,048 | 50 | 0,062 | 60 | 0,076 | 70 | 0,092 | 75 |
| 4,000 | 358 | 0,039 | 45 | 0,054 | 50 | 0,068 | 60 | 0,082 | 70 | 0,095 | 75 |
| 4,500 | 318 | 0,043 | 45 | 0,059 | 50 | 0,074 | 60 | 0,088 | 70 | 0,099 | 75 |
| 5,000 | 286 | 0,048 | 45 | 0,064 | 50 | 0,079 | 60 | 0,093 | 70 | 0,100 | 75 |
| 6,000 | 239 | 0,055 | 45 | 0,073 | 50 | 0,088 | 60 | 0,098 | 70 | Denda = 5,12 | |
| 7,000 | 205 | 0,062 | 45 | 0,080 | 50 | 0,094 | 60 | Denda = 6,83 | | | |
| 8,000 | 179 | 0,068 | 45 | 0,086 | 50 | 0,098 | 60 | | | | |
| 9,000 | 159 | 0,074 | 45 | 0,091 | 50 | 0,099 | 60 | | | | |
| 10,000 | 143 | 0,079 | 45 | 0,095 | 50 | Denda = 9,12 | | | | | |
| 11,000 | 130 | 0,083 | 45 | 0,098 | 50 | | | | | | |
| 12,000 | 119 | 0,087 | 45 | 0,100 | 50 | | | | | | |
| 13,000 | 110 | 0,091 | 50 | Denda = 12,79 | | | | | | | |
| 14,000 | 102 | 0,093 | 50 | | | | | | | | |
| 15,000 | 95 | 0,096 | 50 | | | | | | | | |
| 16,000 | 90 | 0,097 | 50 | | | | | | | | |
| 17,000 | 84 | 0,099 | 60 | | | | | | | | |
| 18,000 | 80 | 0,099 | 60 | | | | | | | | |
| 19,000 | 75 | Denda = 18,85 | | | | | | | | | |

Keterangan:

LN = lereng jalan normal disusutkan = 2 %

LP = lereng luar diputar sehingga permukaan mendapat superlevasi
sebesar lereng jalan normal = 2 %.[+ = diperhitungkan dengan mempergunakan rumus modifikasi
Short, untuk nilai maksimum (gambar 12), jarak tempuh 2 detik,
dan lebar pekerasan 2 x 3,75 m.

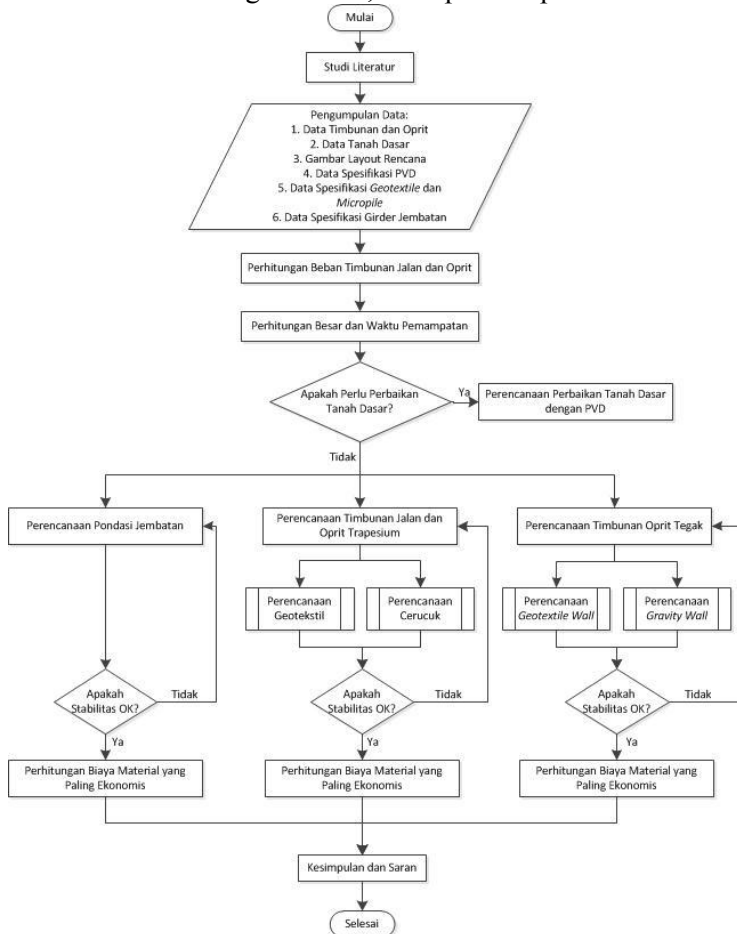
(e mak 10% metode Bina Marga)

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Bagan Alir

Gambar 3.1 berikut ini adalah diagram alir pada penulisan Tugas Akhir “Perencanaan Timbunan, Oprit dan Dimensi Pondasi Jembatan Baru di Sungai Wulan, Kabupaten Jepara.



Gambar 3.1. Diagram Alir Tugas Akhir

3.2 Studi Literatur

Studi Literatur pada tugas akhir diperlukan sebagai penunjang dan pengetahuan dasar sebelum pengerjaan tugas akhir. Dalam proses ini, penulis dapat mengetahui berbagai macam dasar teori yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir. Studi literatur didapatkan dari berbagai sumber seperti buku diktat kuliah, jurnal, peraturan-peraturan terkait, internet, serta buku penunjang lainnya yang berhubungan dengan masalah yang dibahas dalam tugas akhir. Adapun bahan teori yang nantinya digunakan adalah sebagai berikut:

1. Teori pemampatan / *settlement*
2. Teori waktu konsolidasi
3. Teori perbaikan tanah dengan PVD
4. Perkuatan timbunan dengan geotekstil dan cerucuk
5. Teori pondasi dalam

3.3 Pengumpulan dan Analisa Data

Data-data yang dipakai dalam perencanaan ini adalah data sekunder yang didapat dari instansi terkait atau hasil survey dari pihak lain. Data tersebut meliputi:

1. Data timbunan dan oprit
2. Data tanah dasar
3. Gambar *layout* rencana
4. Peta topografi Jepara
5. Data spesifikasi PVD
6. Data spesifikasi *geotextile*
7. Data spesifikasi micropile
8. Data berat jembatan untuk jembatan rangka dengan bentang 60m dan beton balok T dengan bentang 20 m.

3.4 Perhitungan Beban

Menghitung beban yang terjadi pada timbunan oprit rencana, baik yang berasal dari tanah timbunan sendiri maupun beban lalu lintas dan diterjemahkan menjadi distribusi tegangan pada tanah asli.

3.5 Menghitung Pemampatan Tanah yang Terjadi

Dengan data sekunder dari analisa tanah pada lapangan serta perhitungan, diperoleh besar dan waktu pemampatan dari tanah dasar yang terjadi.

3.6 Merencanakan Jenis Perbaikan Tanah Dasar

Apabila pemampatan yang terjadi cukup besar dan waktu yang dibutuhkan untuk memampat cukup lama, maka dibutuhkan perencanaan perbaikan tanah dasar. Perencanaan perbaikan tanah dasar yang digunakan adalah Prefabricated Vertical Drain (PVD). Namun apabila pemampatan yang terjadi relatif kecil dan waktu yang dibutuhkan untuk memampat tidak lama, maka langkah ini dapat diabaikan.

3.7 Merencanakan Pondasi Jembatan (Abutmen dan Pilar) beserta Timbunan dan Oprit Jembatan

Perencanaan pondasi jembatan dilakukan atas pertimbangan adanya beban yang terjadi secara langsung terhadap pondasi. Perencanaan ini harus memenuhi ketahanan terhadap geser, guling, dan ambblas.

Penentuan dimensi abutment didasarkan pada dimensi abutment yang memenuhi ketahanan geser, guling, dan ambblas seefisien mungkin yang dilihat dari besarnya biaya material yang dibutuhkan.

3.8 Merencanakan Timbunan Jalan dan Oprit Trapesium Jembatan

Perencanaan timbunan jalan dan oprit trapesium jembatan adalah merencanakan perkuatan yang terdiri dari dua alternatif perkuatan, yaitu *geotekstil wall* atau cerucuk. Kedua alternatif tersebut harus memenuhi kemampuan stabilitas kelongsoran.

Penentuan jenis perkuatan yang digunakan didasarkan pada besarnya biaya material yang dibutuhkan.

3.9 Merencanakan Timbunan Oprit Tegak Jembatan

Perencanaan timbunan oprit tegak jembatan adalah merencanakan perkuatan yang terdiri dari dua alternatif perkuatan, yaitu *geotekstile wall* atau *gravity wall*. Kedua alternatif tersebut harus memenuhi kemampuan stabilitas kelongsoran.

Penentuan jenis perkuatan yang digunakan didasarkan pada besarnya biaya material yang dibutuhkan.

3.10 Kesimpulan dan Saran

Pada kesimpulan dipaparkan rencana perkuatan timbunan, oprit, beserta pondasi jembatan yang dipakai, beserta alasan pertimbangan pemilihan.

Pada saran dituliskan saran dan harapan atas perencanaan timbunan, oprit, dan pondasi Jembatan Sungai Wulan ini maupun perencanaan lain yang sejenis, demi peningkatan kualitas perencanaan selanjutnya.

BAB IV DATA PERENCANAAN

Perencanaan konstruksi jalan, oprit, dan abutmen pada Tugas Akhir ini dilakukan berdasarkan data sebagai berikut:

1. Data tanah hasil penyelidikan tanah yang diwakili oleh data titik BH-1 untuk sebelum sungai, BH-2 untuk sesudah sungai.
2. Peta rencana awal jembatan (potongan memanjang, melintang, dan plan).
3. Spesifikasi jenis *vertical drain*, dan perkuatan *geotextile* dan *micropile* yang dipakai.

Data-data tersebut secara lengkap ditampilkan pada lampiran I.

4.1 Data Tanah Asli

Dalam perencanaan jalan, oprit, dan abutmen pada tugas akhir ini membutuhkan data karakteristik dan parameter dari tanah dasar. Dari data tersebut dapat diketahui kelayakan tanah dasar sehubungan dengan daya dukungnya dan metode perbaikan tanah yang dilakukan bila diperlukan. Adapun nilai parameter tanah dasar yang merupakan hasil dari penyelidikan tanah asli dan hitungan ditampilkan dalam **Tabel 4.1** dan **Tabel 4.2**.

Tabel 4.1 Parameter Tanah Dasar Sebelum Sungai

| Kedalaman | NSPT | WC | GS | gd | Porositas | Void ratio | LL | Cv | PI |
|-----------|------|-------|-------|-----------------------|-----------|------------|--------|---------|----|
| (m) | | % | | (gr/cm ³) | n | e | | | |
| 0-4 | 1 | 74.73 | 2.658 | 0.778 | 0.665 | 1.986 | 72.015 | 0.0014 | 40 |
| 4-6 | 1 | 70.53 | 2.623 | 0.812 | 0.649 | 1.85 | 78.39 | 0.00145 | 40 |
| 6-10 | 1 | 66.98 | 2.646 | 0.906 | 0.639 | 1.773 | 76.9 | 0.00134 | 40 |
| 10-13 | 1 | 67.68 | 2.646 | 0.906 | 0.639 | 1.773 | 73.76 | 0.0013 | 40 |
| 13-16 | 1 | 66.04 | 2.642 | 0.906 | 0.636 | 1.744 | 73.58 | 0.0014 | 40 |
| 16-18 | 1 | 65 | 2.637 | 0.855 | 0.632 | 1.714 | 73.76 | 0.0013 | 40 |

Tabel 4.1 Parameter Tanah Dasar Sebelum Sungai (Lanjutan)

| Kedalaman | NSPT | WC | GS | gd | Porositas | Void ratio | LL | Cv | PI |
|-----------|------|-------|-------|-----------------------|-----------|------------|-------|--------|----|
| (m) | | % | | (gr/cm ³) | n | e | | | |
| 18-22 | 1 | 57.63 | 2.632 | 1.009 | 0.603 | 1.517 | 73.4 | 0.0012 | 40 |
| 22-25 | 4 | 63.46 | 2.648 | 0.889 | 0.627 | 1.681 | 75.85 | 0.0011 | 41 |
| 25-27 | 6 | 49.23 | 2.653 | 1.112 | 0.566 | 1.306 | 78.22 | 0.0011 | 41 |
| 27-30 | 9 | 39.19 | 2.619 | 1.266 | 0.507 | 1.027 | 68.58 | 0.0008 | 41 |
| 30-34 | 12 | 36.54 | 2.672 | 1.334 | 0.494 | 0.976 | 77.67 | 0.0008 | 41 |

Data tanah dasar untuk sisi sebelum sungai ditampilkan dalam bentuk *Bore Log 1 (B-1)* pada **Lampiran I**.

Tabel 4.2 Parameter Tanah Dasar Sesudah Sungai

| Kedalaman | NSPT | WC | GS | γ _d | Porositas | Void ratio | LL | Cv | PI |
|-----------|------|-------|-------|-----------------------|-----------|------------|-------|---------|-------|
| (m) | | % | | (gr/cm ³) | n | e | | | |
| 1 | 1 | 74.73 | 2.658 | 0.778 | 0.665 | 1.732 | 77.78 | 0.00126 | 42.57 |
| 4 | 1 | 70.53 | 2.623 | 0.812 | 0.649 | 1.756 | 76.6 | 0.00142 | 42.31 |
| 7 | 1 | 66.98 | 2.646 | 0.906 | 0.639 | 1.654 | 73.72 | 0.0013 | 40.28 |
| 10 | 1 | 67.68 | 2.646 | 0.906 | 0.639 | 1.627 | 73.86 | 0.00126 | 41.47 |
| 13 | 1 | 66.04 | 2.642 | 0.906 | 0.636 | 1.793 | 71.6 | 0.00132 | 39.39 |
| 16 | 1 | 65 | 2.637 | 0.855 | 0.632 | 1.743 | 70.31 | 0.00126 | 39.72 |
| 19 | 1 | 57.63 | 2.632 | 1.009 | 0.603 | 1.725 | 70.75 | 0.0012 | 39 |
| 22 | 4 | 63.46 | 2.648 | 0.889 | 0.627 | 1.756 | 71.38 | 0.00088 | 38.91 |
| 25 | 6 | 49.23 | 2.653 | 1.112 | 0.566 | 1.138 | 76.59 | 0.00086 | 40.51 |
| 28 | 9 | 39.19 | 2.619 | 1.266 | 0.507 | 1.094 | 78.28 | 0.00072 | 42.12 |
| 31 | 12 | 36.54 | 2.672 | 1.334 | 0.494 | 1 | 70.53 | 0.00064 | 37.06 |

Data tanah dasar untuk sisi sebelum sungai ditampilkan dalam bentuk *Bore Log 2* (B-2) pada **Lampiran I**.

Nilai indeks kompresi (Cc) dan indeks mengembang (Cs) ditentukan menggunakan rumus empiris oleh Kosasih dan Mochtar (**Perumusan 2.3**). Berikut adalah contoh perhitungan Cc dan Cs untuk sisi sebelum sungai pada kedalaman 0-4 m:

$$\begin{aligned} C_c &= 0,006 LL + 0,13 e_0^2 - 0,13 \\ &= (0,006 \times 72,015) + (0,13 \times 1,986^2) - 0,13 \\ &= 0,8148 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= 0,002 LL + 0,02 e_0^2 - 0,05 \\ &= (0,002 \times 72,015) + (0,02 \times 1,986^2) - 0,05 \\ &= 0,173 \end{aligned}$$

Nilai koefisien konsolidasi arah horizontal (Ch) diambil 2 x Cv. Berikut adalah contoh perhitungan Ch untuk sisi sebelum sungai pada kedalaman 0-4 m:

$$\begin{aligned} Ch &= 2 \times 0,0014 \\ &= 0,0028 \end{aligned}$$

Nilai γ_{sat} ditentukan dengan menggunakan rumus $\gamma_{sat} = \frac{G_s \cdot \gamma_w (W_c + 1)}{1 + e}$. Berikut adalah contoh perhitungan Ch untuk sisi sebelum sungai pada kedalaman 0-4 m:

$$\begin{aligned} \gamma_{sat} &= \frac{2,658 \times 1 (0,7473 + 1)}{1 + 1,986} \\ &= 1,5554 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

sehingga,

$$\gamma' = 0,5554 \text{ gr/cm}^3$$

Tabel 4.3 dan **Tabel 4.4** ditampilkan hasil perhitungan parameter Cc, Cs, Ch, γ_{sat} , dan γ' untuk masing-masing sisi sungai,

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Cu, CC, Ch, γ_{sat} , dan γ' Sebelum Sungai

| Kedalaman (m) | Cc | Cs | Ch | γ_{sat} | γ' |
|------------------|------------|----------|--------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | (gr/cm ³) | (gr/cm ³) |
| 0-4 | 0.81483548 | 0.172914 | 0.0028 | 1.55536618 | 0.555366 |

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Cu, CC, Ch, γ_{sat} , dan γ' Sebelum Sungai (Lanjutan)

| Kedalaman | Cc | Cs | Ch | γ_{sat} | γ' |
|-----------|------------|----------|---------|-----------------------|-----------------------|
| (m) | | | | (gr/cm ³) | (gr/cm ³) |
| 4-6 | 0.785265 | 0.17523 | 0.0029 | 1.56947435 | 0.569474 |
| 6-10 | 0.74005877 | 0.166671 | 0.00268 | 1.59332521 | 0.593325 |
| 10-13 | 0.72121877 | 0.160391 | 0.0026 | 1.60000462 | 0.600005 |
| 13-16 | 0.70687968 | 0.157991 | 0.0028 | 1.59867959 | 0.59868 |
| 16-18 | 0.69447348 | 0.156276 | 0.0026 | 1.60318718 | 0.603187 |
| 18-22 | 0.60956757 | 0.142826 | 0.0024 | 1.64832006 | 0.64832 |
| 22-25 | 0.69244893 | 0.158215 | 0.0022 | 1.61447997 | 0.61448 |
| 25-27 | 0.56105268 | 0.140553 | 0.0022 | 1.71685685 | 0.716857 |
| 27-30 | 0.41859477 | 0.108255 | 0.0016 | 1.79841445 | 0.798414 |
| 30-34 | 0.45985488 | 0.124392 | 0.0016 | 1.84633036 | 0.84633 |

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Cu, CC, Ch, γ_{sat} , dan γ' Sesudah Sungai

| Kedalaman | Cc | Cs | Ch | γ_{sat} | γ' |
|-----------|------------|----------|---------|-----------------------|-----------------------|
| (m) | | | | (gr/cm ³) | (gr/cm ³) |
| 1 | 0.72665712 | 0.165556 | 0.00252 | 1.593546 | 0.593546 |
| 4 | 0.73045968 | 0.164871 | 0.00284 | 1.59292 | 0.59292 |
| 7 | 0.66796308 | 0.152154 | 0.0026 | 1.620102 | 0.620102 |
| 10 | 0.65728677 | 0.150663 | 0.00252 | 1.621896 | 0.621896 |
| 13 | 0.71753037 | 0.157497 | 0.00264 | 1.595825 | 0.595825 |

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Cu, CC, Ch, γ_{sat} , dan γ' Sesudah Sungai (Lanjutan)

| Kedalaman | Cc | Cs | Ch | γ_{sat} | γ' |
|-----------|------------|----------|---------|-----------------------|-----------------------|
| (m) | | | | (gr/cm ³) | (gr/cm ³) |
| 16 | 0.68680637 | 0.151381 | 0.00252 | 1.611177 | 0.611177 |
| 19 | 0.68133125 | 0.151013 | 0.0024 | 1.601387 | 0.601387 |
| 22 | 0.69913968 | 0.154431 | 0.00176 | 1.588102 | 0.588102 |
| 25 | 0.49789572 | 0.129081 | 0.00172 | 1.77958 | 0.77958 |
| 28 | 0.49526868 | 0.130497 | 0.00144 | 1.793062 | 0.793062 |
| 31 | 0.42318 | 0.11106 | 0.00128 | 1.781102 | 0.781102 |

4.2 Data Timbunan Jalan

- Tinggi timbunan jalan : 3,00 m
- Kemiringan (*slope*) melintang : 1:2
- Lebar badan jalan rencana : 25 m
- Ø : 30⁰
- γ timbunan : 1,80 t/m³
- γ sat timbunan : 1,85 t/m³
- Fluktuasi muka air banjir : 1,5 meter

Potongan melintang timbunan jalan rencana ditampilkan pada **Lampiran I**.

4.3 Data Timbunan Oprit Trapesium

- Tinggi timbunan oprit sebelum sungai : 4,70 m
- Tinggi timbunan oprit setelah sungai : 4,80 m
- Kemiringan (*slope*) melintang : 1:2
- Kemiringan (*slope*) memanjang : 3,5%
- Lebar badan jalan rencana : 25 m
- Ø : 30⁰
- γ timbunan : 1,80 t/m³

- γ sat timbunan : 1,85 t/m³
 - Fluktuasi muka air banjir : 1,5 meter
- Potongan memanjang timbunan oprit trapesium rencana ditampilkan pada **Lampiran I**.

4.4 Data Timbunan Oprit Tegak

- Tinggi timbunan oprit sebelum sungai : 5,30 m
 - Tinggi timbunan oprit sebelum sungai : 5,40 m
 - Kemiringan (*slope*) melintang : 1:2
 - Kemiringan (*slope*) memanjang : 3,5%
 - Lebar badan jalan rencana : 25 m
 - \emptyset : 30⁰
 - γ timbunan : 1,80 t/m³
 - γ sat timbunan : 1,85 t/m³
 - Fluktuasi : 1,5 meter
- Potongan memanjang timbunan oprit tegak rencana ditampilkan pada **Lampiran I**.

4.5 Data Jembatan

Jembatan direncanakan menggunakan jenis girder tipe-I dengan bentang pinggir masing-masing 25 m, dan bentang tengah 50 m. Perencanaan girder menggunakan Girder Adhi Mix Precast, dengan spesifikasi sebagai berikut:

- tinggi girder = 160 cm untuk bentang pinggir
- tinggi girder = 210 cm untuk bentang tengah

4.6 Data Tiang Pancang

Tiang Pancang direncanakan menggunakan tiang pancang (*spun piles*) produksi WIKA BETON. Diameter *spun piles* yang dihitung yakni diameter 40cm, 50 cm, 60cm, 80 cm.

4.7 Data Geotextile

Geotextile pada timbunan trapesium direncanakan menggunakan spesifikasi Kalpesh Synthetics Woven dengan tensile strength 120 KN/m². Brosur ditampilkan pada **Lampiran**

I. Sedangkan *Geotextile* pada timbunan oprit tegak direncanakan menggunakan Unggul-Tex UW 250.

4.8 Data *Micropile*

Micropile direncanakan menggunakan *micropile* ATA BETON. Spesifikasi *micropile* yang digunakan adalah *micropile* segi empat dengan dimensi 16x16 cm.

4.9 Data *Vertical Drain*

Vertical drain yang digunakan adalah *Prefabricated Vertical Drain* merk CeTeau.

Brosur dari data-data di atas ditampilkan pada **Lampiran I**.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

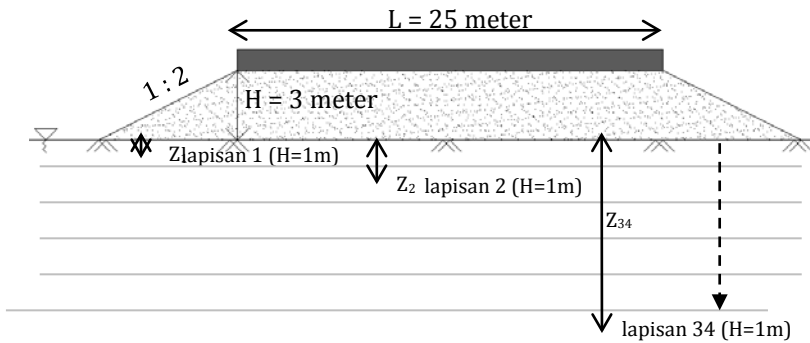
PERHITUNGAN PERENCANAAN TIMBUNAN JALAN DAN OPRIT

5.1 Perencanaan Timbunan Jalan

Suatu lapisan tanah dianggap mudah memampat apabila lapisan tanah tersebut berupa tanah lempung atau lanau dengan rentang konsistensi sangat lunak sampai dengan menengah (*very soft to medium stiff soil*).

Dari profil lapisan tanah dasar yang ditunjukkan pada **Lampiran I**, dapat diketahui kedalaman tanah asli yang direncanakan untuk sebelum sungai adalah 30 meter, sedangkan untuk setelah adalah 37 meter yang merupakan lapisan medium stiff dengan SPT = 10. Maka, perhitungan besar settlement harus ditinjau sampai kedalaman 30 meter dan 37 meter (*compressible soil*).

Tanah dasar dibagi dalam lapisan-lapisan dengan ketebalan $H=1\text{m}$ seperti ditampilkan pada **Gambar 5.1**.



Gambar 5.1 Pembagian Lapisan Tanah Dasar Setiap 1m

5.1.1 Perhitungan Tinggi Awal (H_{inisial}) Timbunan

Perencanaan H_{inisial} dalam Tugas Akhir ini memperhitungkan beban lalu lintas. Beban lalu lintas diasumsikan sebesar 1 t/m^2 .

Berikut adalah contoh perhitungan *settlement* akibat timbunan jalan $h_{\text{final}} = 3 \text{ m}$ pada sisi sebelum sungai:

$$H \text{ timbunan} = 1 \text{ m}$$

$$q \text{ lalu lintas} = 1,0 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} H \text{ lalu lintas} &= \frac{q \text{ lalu lintas}}{\gamma_{\text{timbunan}}} \\ &= \frac{1,0 \text{ t/m}^2}{1,85 \text{ t/m}^3} \\ &= 0,541 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ total} &= H \text{ timbunan} + H \text{ lalu lintas} \\ &= 1 \text{ m} + 0,541 \text{ m} \\ &= 1,541 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q \text{ total} &= H \text{ total} \times \gamma \text{ timbunan} \\ &= 1,541 \text{ m} \times 1,85 \text{ t/m}^3 \\ &= 2,85 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, didapat q total untuk masing-masing H timbunan yang ditampilkan pada **Lampiran II**.

Lalu dihitung tegangan *overburden* efektif (σ_o) dan distribusi tegangan akibat q total ($\Delta\sigma'$). Berikut adalah contoh perhitungan tegangan *overburden* efektif ($\sigma'o$) akibat timbunan jalan pada sisi sebelum sungai:

Pada lapisan 1:

$$H = 1 \text{ m}$$

$$Z = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} (\sigma'o) &= \gamma' \times Z \\ &= (0,5554 \text{ t/m}^3) \times 0,5 \text{ m} \\ &= 0,278 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan $\sigma'o$ untuk seluruh sisi sungai ditampilkan pada **Lampiran II**.

Besar tegangan akibat beban timbunan ($\Delta\sigma'$) ditentukan dengan **Persamaan 2.4** Berikut adalah contoh perhitungan

tegangan akibat beban timbunan ($\Delta\sigma'$) timbunan jalan pada sisi sebelum sungai akibat q total = 2,85 t/m²:

Pada lapisan 1:

$$Z = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} B1 &= \frac{\text{lebar jalan rencana}}{2} \\ &= \frac{25 \text{ m}}{2} \\ &= 12,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B2 &= 2 \times H \text{ total} \\ &= 2 \times 1,541 \text{ m} \\ &= 3,081 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha 1 &= \tan^{-1} \left(\frac{B1+B2}{Z} \right) - \tan^{-1} x \left(\frac{B1}{Z} \right) \text{ (radian)} \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{12,5+3,081}{0,5} \right) - \tan^{-1} x \left(\frac{12,5}{0,5} \right) \text{ (radian)} \\ &= 0,45^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha 2 &= \tan^{-1} x \left(\frac{B1}{Z} \right) \text{ (radian)} \\ &= \tan^{-1} x \left(\frac{12,5}{0,5} \right) \text{ (radian)} \\ &= 87,71^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_0 &= 2,85 \text{ t/m}^2 \\ \Delta\sigma' &= \frac{q_0}{\pi} x \left[\left(\frac{B1+B2}{B2} \right) x (\alpha 1 + \alpha 2) - \left(\frac{B1}{B2} x \alpha 2 \right) \right] \\ &= \frac{2,85}{\pi} x \left[\left(\frac{12,5+3,081}{3,081} \right) x (0,45 + 87,71) - \left(\frac{12,5}{3,081} x 87,71 \right) \right] \\ &= 1,424972 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2\Delta\sigma' &= 2 \times 1,424972 \text{ t/m}^2 \\ &= 2,85 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan $\Delta\sigma'$ untuk seluruh lapisan tanah di kedua sisi sungai ditampilkan pada **Lampiran II**.

Kemudian dilakukan perhitungan *settlement* yang terjadi akibat setiap q total yang ditentukan. Perumusan yang digunakan adalah **Persamaan 2.1** atau **Persamaan 2.2**. Berikut adalah contoh perhitungan *settlement* tanah dasar akibat beban timbunan jalan sebesar q total = 2,85 t/m²: pada sisi sebelum sungai.

Pada lapisan 1:

$$H_i = 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
C_c &= 0,8145 \\
C_s &= 0,173 \\
e_0 &= 1,986 \\
\sigma'_o &= 0,278 \text{ t/m}^2 \\
\Delta\sigma' &= 2,85 \text{ t/m}^2 \\
\sigma'_o + \Delta\sigma' &= 0,278 \text{ t/m}^2 + 2,85 \text{ t/m}^2 \\
&= 3,128 \text{ t/m}^2 \\
P \text{ fluktuasi} &= 1,5 \text{ t/m}^2 \\
\sigma_c' &= \sigma'_o + P \text{ fluktuasi} \\
&= 0,278 \text{ t/m}^2 + 1,5 \text{ t/m}^2 \\
&= 1,778 \text{ t/m}^2 \\
OCR &= \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \\
&= \frac{1,778 \text{ t/m}^2}{0,278 \text{ t/m}^2} \\
&= 6,402 > 1 \rightarrow OC
\end{aligned}$$

$\sigma'_o + \Delta\sigma' > \sigma_c' \rightarrow$ gunakan **Persamaan 2.2**. Sehingga:

$$\begin{aligned}
S_c &= \frac{C_s \cdot H_0}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma_c'}{\sigma_{vo'}} + \frac{C_c \cdot H_0}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma'_{vo} + \Delta\sigma}{\sigma_c'} \\
S_c &= \frac{0,173 \times 1}{1 + 1,986} \cdot \log \frac{1,778 \text{ t/m}^2}{0,278 \text{ t/m}^2} + \frac{0,8148 \times 1}{1 + 1,986} \cdot \log \frac{3,128 \text{ t/m}^2}{1,778 \text{ t/m}^2} \\
S_c &= 0,114 \text{ m}
\end{aligned}$$

Hasil *settlement* tersebut dijumlahkan dengan lapisan-lapisan tanah asli yang ditinjau, sehingga didapat *settlement* total dari satu q total. Langkah-langkah tersebut diulang dengan menggunakan tinggi timbunan dan beban lalu lintas yang berbeda. Hasil perhitungan *settlement* untuk seluruh lapisan tanah di kedua sisi sungai ditampilkan pada **Lampiran II**.

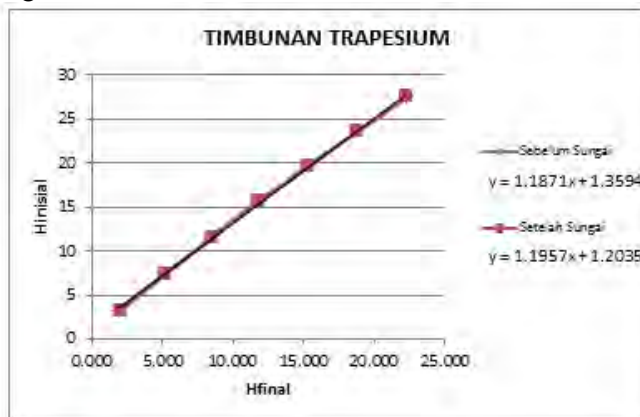
Kemudian, H_{inisial} dapat dihitung dengan **Persamaan 2.6** dan H_{final} dihitung dengan **Persamaan 2.7**. Berikut adalah contoh perhitungan H_{inisial} dan H_{final} timbunan.

$$\begin{aligned}
H_{\text{inisial}} &= \frac{q + (S_c \times \gamma_{\text{timb}}) - (S_c \times \gamma'_{\text{timb}})}{\gamma_{\text{timb}}} \\
H_{\text{inisial}} &= \frac{2,85 \text{ t/m}^2 + \left(0,753 \text{ m} \times \left(\frac{1,8 \text{ t}}{\text{m}^3} + \frac{1 \text{ t}}{\text{m}^3} - \frac{1,85 \text{ t}}{\text{m}^3}\right)\right)}{1,8 \text{ t/m}^3} \\
H_{\text{inisial}} &= 3,2475 \text{ m}
\end{aligned}$$

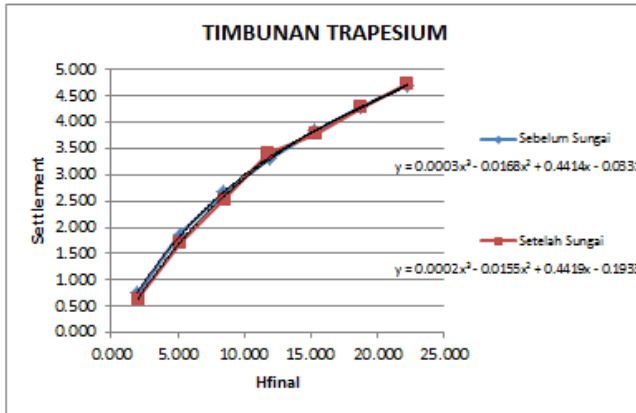
$$\begin{aligned}
 H_{\text{final}} &= H_{\text{inisial}} - H_{\text{traffic}} - S_c \\
 &= 3,2475\text{m} - 0,541\text{m} - 0,753\text{ m} \\
 &= 1,954\text{ m}
 \end{aligned}$$

Pada pelaksanaan di lapangan, H_{traffic} disebut H_{bongkar} yang harus dibongkar dari H_{inisial} karena beban lalu lintas sudah bekerja sendiri. Hasil perhitungan H_{inisial} dan H_{final} untuk setiap beban q di kedua sisi sungai ditampilkan pada **Lampiran II**.

Pada **Gambar 5.2** ditampilkan grafik hubungan H_{final} dengan H_{inisial} untuk kedua sisi sungai. Dan pada **Gambar 5.3** ditampilkan grafik hubungan H_{final} dengan *Settlement* untuk kedua sisi sungai.



Gambar 5.2 Grafik Hubungan H_{final} dengan H_{inisial}



Gambar 5.3 Grafik Hubungan H_{final} dengan *Settlement*

Dari grafik-grafik di atas dapat ditentukan H inisial dan *settlement* yang terjadi dengan H final 3 meter, yaitu:

1. pada sisi sebelum sungai:
 H inisial = 4,92 m dan *settlement* = 1,15 m
2. pada sisi setelah sungai:
 H inisial = 4,8 m, dan *settlement* = 1 m

5.1.2 Perhitungan Waktu Konsolidasi (t)

Waktu konsolidasi (t) dihitung dengan **Persamaan 2.10**. Berikut adalah contoh perhitungan untuk tanah dasar sebelum sungai:

$$t = \frac{T_v \cdot (H_{dr})^2}{C_v}$$

dengan:

$$T_v = 0,848 \text{ (Tabel 2.1)}$$

$$H_{dr} = 30 \text{ meter}$$

$$C_v = \frac{(H_1 + H_2 + \dots + H_n)^2}{\left(\frac{H_1}{\sqrt{Cv_1}} + \frac{H_2}{\sqrt{Cv_2}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{Cv_n}} \right)^2} \text{ (Persamaan 2.8)}$$

=

$$\frac{(4+2+4+3+3+2+2+4+5+3)^2}{\left(\frac{4}{\sqrt{0,0014}} + \frac{2}{\sqrt{0,0015}} + \frac{4}{\sqrt{0,0013}} + \frac{3}{\sqrt{0,0013}} + \frac{3}{\sqrt{0,0014}} + \frac{2}{\sqrt{0,0013}} + \frac{4}{\sqrt{0,0012}} + \frac{5}{\sqrt{0,0011}} + \frac{3}{\sqrt{0,0008}} \right)^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0012 \text{ cm}^2/\text{detik} \\
 &= 0,0736 \text{ m}^2/\text{detik} \\
 &= 3,5339 \text{ m}^2/\text{tahun} \\
 t &= \frac{0,848 \cdot (30\text{m})^2}{3,5339 \text{ m}^2/\text{tahun}} \\
 &= 215,9644 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, untuk sisi setelah sungai didapatkan waktu konsolidasi sebesar 397,216 tahun.

Karena waktu yang dibutuhkan untuk konsolidasi sebesar 90% sangat besar, maka diperlukan bantuan *vertical drain* untuk mempercepat waktu konsolidasi tersebut. Jenis *vertical drain* yang dipakai adalah *Prefabricated Vertical Drain* (PVD).

5.1.3 Perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)

Tujuan dari pemasangan PVD pada perencanaan ini adalah untuk membantu mempercepat proses pemampatan konsolidasi, sehingga dapat berlangsung dengan waktu yang relatif singkat.

Perencanaan PVD dalam Tugas Akhir ini menggunakan pola persegi dan pola segitiga, dengan jarak antar PVD (S) yang dihitung adalah 0,8; 1; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; dan 2 meter.

Perencanaan dengan PVD Pola Segiempat

Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan PVD pola segi empat untuk sisi sebelum sungai dengan jarak $S=0,8\text{m}$:

- Menghitung Fungsi Hambatan PVD (F(n))
- D = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertical drain*.

$$\begin{aligned}
 &= 1,13 \times S \text{ (Lampiran I)} \\
 &= 1,13 \times 0,8 \\
 &= 0,904 \text{ m} \times 100 = 90,4 \text{ cm}
 \end{aligned}$$
- n = D/dw

$$\begin{aligned}
 &= 90,4 \text{ cm} / 6,68 \text{ cm} \\
 &= 14
 \end{aligned}$$

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - 3/4 - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right]$$

$$F(n) = \left(\frac{14^2}{14^2 - 1^2} \right) \left[\ln(14) - 3/4 - \left(\frac{1}{14^2} \right) \right]$$

$$F(n) = 1,8674$$

Hasil perhitungan D, n, dan F(n) untuk setiap jarak antar PVD ditampilkan pada **Lampiran II**.

- Menghitung Derajat Konsolidasi (U) dengan PVD

$$\begin{aligned} T_v &= \text{faktor waktu} = \frac{t \times C_v}{(H_{dr})^2} \\ &= \frac{1 \text{ minggu} \times 0,0736 \text{ m}^2/\text{minggu}}{(30 \text{ m})^2} \\ &= 0,0001 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_v &= \text{derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah vertikal} \\ &= \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\% \\ &= \left(2 \sqrt{\frac{0,0001}{\pi}} \right) \times 100\% \\ &= 0,0102\% \end{aligned}$$

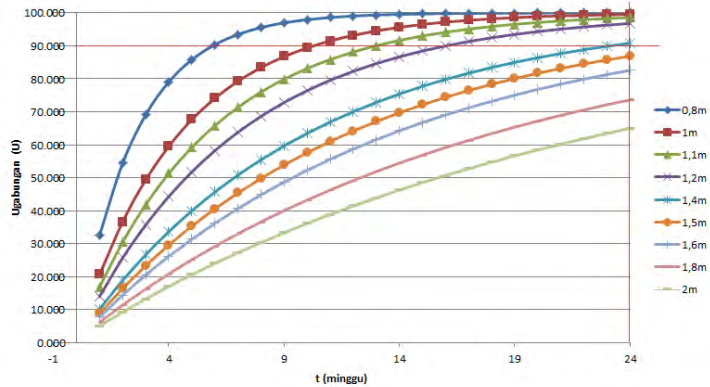
$$\begin{aligned} C_h &= 2 \times C_v \\ &= 2 \times 0,073623 \text{ m}^2/\text{minggu} \\ &= 0,147247 \text{ m}^2/\text{minggu} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_h &= \text{derajat konsolidasi tanah arah horizontal} \\ &= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{t \times 8 \times C_h}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right) \right] \\ &= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{1 \times 8 \times 0,147247}{90,4^2 \times 2 \times 1,8674} \right)}} \right) \right] \\ &= 0,3202\% \end{aligned}$$

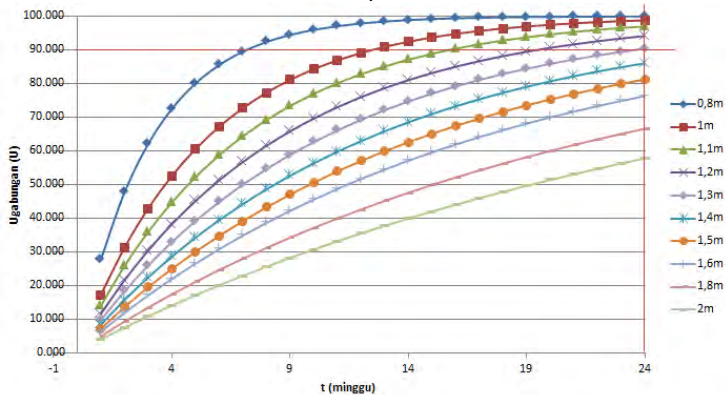
$$\begin{aligned} U \text{ rata-rata} &= (1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)) \times 100\% \\ &= (1 - (1 - 0,3202) \times (1 - 0,0102)) \times 100\% \\ &= 32,713\% \end{aligned}$$

Perhitungan diatas dilakukan untuk seluruh jarak PVD (S). Hasil perhitungan derajat konsolidasi rata-rata (U) untuk pola segiempat pada setiap S ditampilkan pada **Lampiran II**.

Pada **Gambar 5.4** ditampilkan grafik hubungan waktu dengan derajat konsolidasi dengan menggunakan PVD pola segiempat.



a)



b)

Gambar 5.4 Grafik Hubungan Derajat Konsolidasi (U) dengan Waktu Timbunan dengan PVD Pola Segiempat a) Sebelum Sungai; b) Setelah Sungai.

Dari grafik di atas didapat jarak antar PVD pola segiempat yang dipakai untuk sisi sebelum sungai adalah 1,4 m. Sedangkan untuk sisi setelah sungai adalah 1,3 m.

Perencanaan dengan PVD Pola Segitiga

Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan PVD pola segi empat untuk sisi sebelum sungai dengan jarak $S=0,8\text{m}$:

- Menghitung Fungsi Hambatan PVD ($F(n)$)

D = diameter ekivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertical drain*.

$$= 1,05 \times S \text{ (**Lampiran I**)}$$

$$= 1,05 \times 0,8$$

$$= 0,84 \text{ m} \times 100 = 84 \text{ cm}$$

$$n = D/d_w$$

$$= 84 \text{ cm} / 6,68 \text{ cm}$$

$$= 13$$

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - 3/4 - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right]$$

$$F(n) = \left(\frac{13^2}{13^2 - 1^2} \right) \left[\ln(13) - 3/4 - \left(\frac{1}{13^2} \right) \right]$$

$$F(n) = 1,796$$

Hasil perhitungan D , n , dan $F(n)$ untuk setiap jarak antar PVD ditampilkan pada **Lampiran II**.

- Menghitung Derajat Konsolidasi (U) dengan PVD

$$T_v = \text{faktor waktu} = \frac{t \times C_v}{(H_{dr})^2}$$

$$= \frac{1 \text{ minggu} \times 0,0736 \text{ m}^2/\text{minggu}}{(30 \text{ m})^2}$$

$$= 0,0001$$

U_v = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah vertikal

$$= \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\%$$

$$= \left(2 \sqrt{\frac{0,0001}{\pi}} \right) \times 100\%$$

$$= 0,0102\%$$

Uh = derajat konsolidasi tanah arah horizontal

$$= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{tx8xCh}{D^2 x 2 x F(n)} \right)}} \right) \right]$$

$$= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{1x8x0,14727}{84^2 x 2 x 1,796} \right)}} \right) \right]$$

$$= 0,3718\%$$

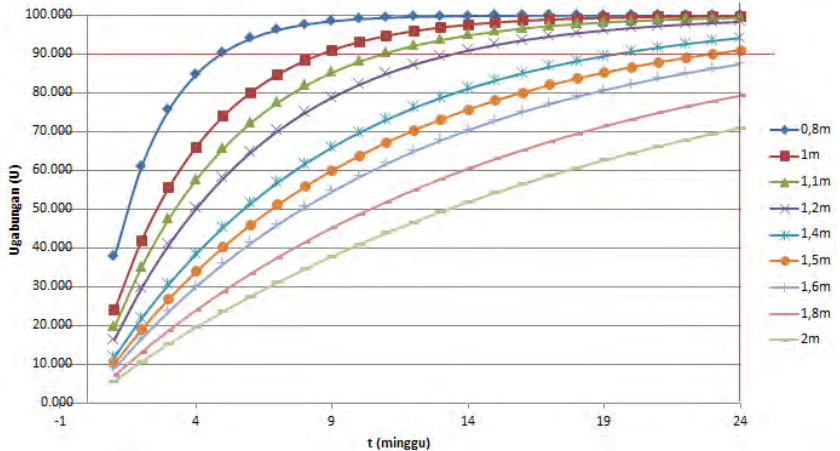
$$U \text{ rata-rata} = (1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)) \times 100\%$$

$$= (1 - (1 - 0,3718) \times (1 - 0,0102)) \times 100\%$$

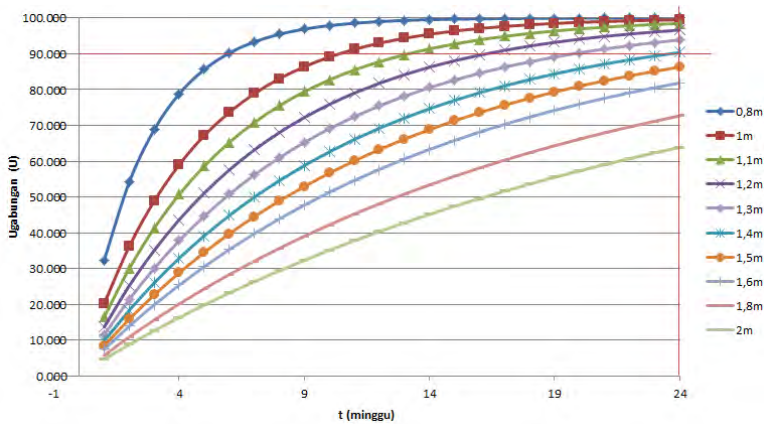
$$= 37,82 \%$$

Perhitungan diatas dilakukan untuk seluruh jarak PVD (S). Hasil perhitungan derajat konsolidasi rata-rata (U) untuk pola segiempat pada setiap S ditampilkan pada **Lampiran II**.

Pada **Gambar 5.5** ditampilkan grafik hubungan waktu dengan derajat konsolidasi dengan menggunakan PVD pola segiempat.



a)



b)

Gambar 5.5 Grafik Hubungan Derajat Konsolidasi (U) dengan Waktu Timbunan dengan PVD Pola Segitiga: a) Sebelum Sungai; b) Setelah Sungai.

Dari grafik di atas didapat jarak antar PVD pola segitiga yang dipakai untuk sisi sebelum sungai adalah 1,5 m. Sedangkan untuk sisi setelah sungai adalah 1,4 m.

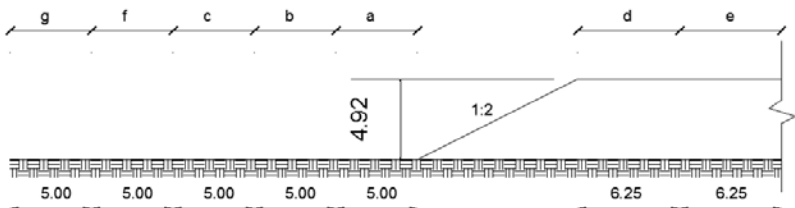
Jadi, PVD yang dipakai adalah menggunakan pola segitiga dengan jarak 1,5 m untuk sisi sebelum sungai, dan jarak 1,4 m untuk sisi setelah sungai, karena jarak yang lebih besar menghasilkan kuantitas yang lebih sedikit, yang mengakibatkan biaya yang lebih sedikit pula.

5.1.4 Perencanaan Perkuatan Timbunan

Untuk menghitung jumlah masing-masing perkuatan yang dipakai, dicari terlebih dahulu besarnya gaya dalam yang terjadi jika terjadi kelongsoran. Kelongsoran ini dimodelkan dengan program bantu XSTABL. Berikut adalah penjelasan dari simulasi program XSTABL untuk memodelkan kelongsoran yang mungkin terjadi.

Dalam melakukan pemodelan, parameter C_u yang dipakai adalah C_u tanah asli. Beban lalu lintas tidak dimodelkan karena sudah diasumsikan sebagai bagian dari tinggi H_{inisial} timbunan.

Simulasi dilakukan sebanyak 11 kali dengan koordinat *initiation* dan *termination* yang ditentukan dari pembagian jarak di timbunan yang dianalisis. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan kebutuhan Momen *Resistance* (ΔMR) yang paling besar, karena SF yang kecil belum tentu menghasilkan ΔMR yang terbesar. Semakin besar ΔMR menghasilkan kebutuhan perkuatan yang lebih besar. Pembagian zona *initiation* dan *termination* pada analisis program bantu XSTABL ditampilkan pada **Gambar 5.6**.



Gambar 5.6 Pembagian Zona Simulasi Program XSTABL pada Timbunan Jalan

Dari **Gambar 5.6** kemudian diperoleh kombinasi *initiation* dan *termination* dari analisis kelongsoran yang ditampilkan pada **Tabel 5.1**.

Tabel 5.1 Kombinasi Zona *Initiation* dan *Termination* pada Analisis Program Bantu XSTABL

| No. Kombinasi | Zona <i>Initiation-Termination</i> |
|---------------|------------------------------------|
| 1 | g,f,c,b,a – d,e |
| 2 | a - d |
| 3 | b - e |

Tabel 5.1 Kombinasi Zona *Initiation* dan *Termination* pada Analisis Program Bantu XSTABL (Lanjutan)

| No. Kombinasi | Zona <i>Initiation-Termination</i> |
|---------------|------------------------------------|
| 4 | c - e |
| 5 | c - d |
| 6 | f - d |
| 7 | f - e |
| 8 | a - e |
| 9 | b - d |
| 10 | g - e |
| 11 | g - d |

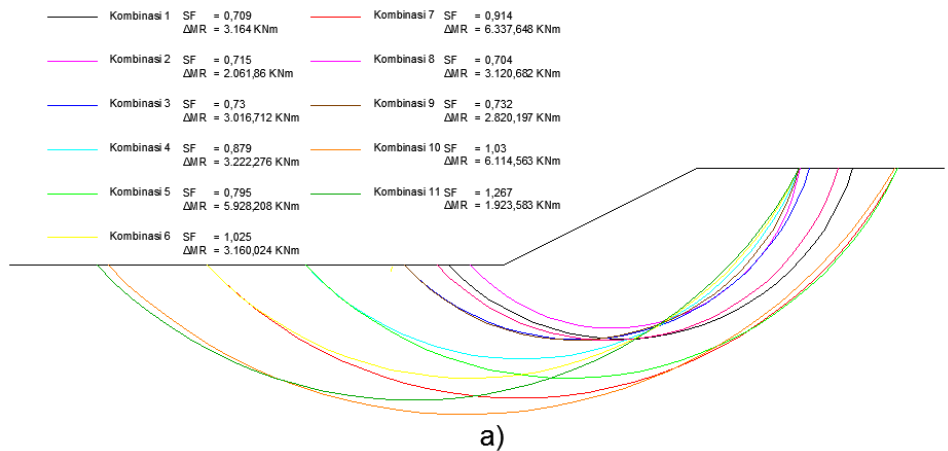
Hasil analisis dari seluruh kombinasi untuk timbunan jalan pada sisi sebelum sungai ditampilkan pada **Tabel 5.2**.

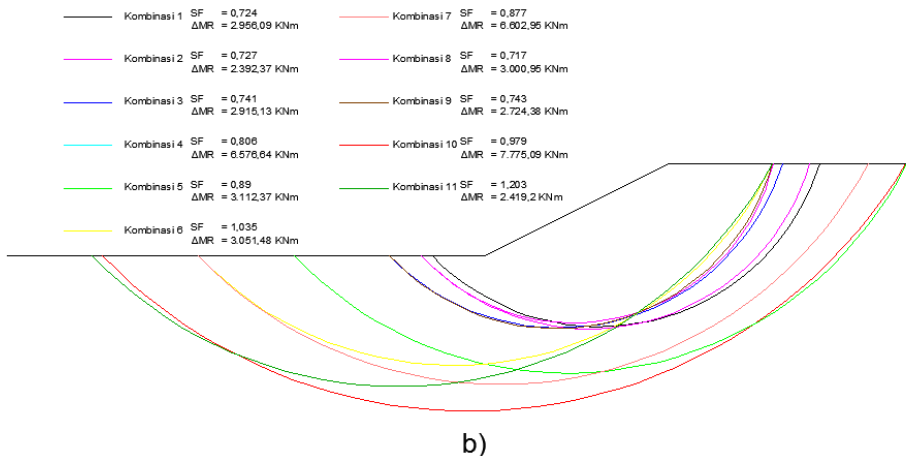
Tabel 5.2 Hasil Anilisis Kelongsoran Seluruh Kombinasi

| Hasil Stabl | | | | | | | Perhitungan | | |
|-------------|----------|--------|----------|-------------|-------|-------|-------------|----------|----------|
| No | SF stabl | MR | MD | titik pusat | | R | SF | MR | Δ MR |
| | | (kN.m) | (kN.m) | X | Y | m | rencana | rencana | (kN.m) |
| 1 | 0.709 | 2836 | 4000 | 31.02 | 38.48 | 12.21 | 1.5 | 6000 | 3164 |
| 2 | 0.715 | 1878 | 2626.573 | 30.5 | 36.46 | 9.65 | 1.5 | 3939.86 | 2061.86 |
| 3 | 0.73 | 2860 | 3917.808 | 28.82 | 38.5 | 12.25 | 1.5 | 5876.712 | 3016.712 |
| 4 | 0.879 | 4561 | 5188.851 | 25.96 | 40.3 | 15.04 | 1.5 | 7783.276 | 3222.276 |
| 5 | 0.795 | 6685 | 8408.805 | 28.32 | 42.68 | 18.39 | 1.5 | 12613.21 | 5928.208 |
| 6 | 1.025 | 6819 | 6652.683 | 23.32 | 42.68 | 18.39 | 1.5 | 9979.024 | 3160.024 |
| 7 | 0.914 | 9885 | 10815.1 | 25.72 | 45.09 | 21.8 | 1.5 | 16222.65 | 6337.648 |
| 8 | 0.704 | 2760 | 3920.455 | 30.42 | 38.18 | 11.98 | 1.5 | 5880.682 | 3120.682 |
| 9 | 0.732 | 2688 | 3672.131 | 28.64 | 37.98 | 11.76 | 1.5 | 5508.197 | 2820.197 |
| 10 | 1.03 | 13400 | 13009.71 | 23.03 | 47.76 | 25.31 | 1.5 | 19514.56 | 6114.563 |
| 11 | 1.267 | 10460 | 8255.722 | 20.44 | 45.36 | 22.18 | 1.5 | 12383.58 | 1923.583 |

MD, $MR_{rencana}$, dan ΔMR dihitung dengan **Persamaan 2.12**. Hasil analisis kelongsoran seluruh kombinasi untuk timbunan jalan pada kedua sisi sungai ditampilkan pada **Lampiran II**.

Dari seluruh hasil analisis tersebut, diperoleh gambar kelongsoran untuk timbunan jalan pada kedua sisi sungai seperti yang ditampilkan pada **Gambar 5.7**.





Gambar 5.7 Gambar Hasil Analisis Kelongsoran untuk Timbunan Jalan a) sisi sebelum sungai; b) sisi setelah sungai

Karena SF terkritik dari kedua STA tersebut kurang dari 1,5 (beban tetap), maka diperlukan perkuatan timbunan.

Dari **Gambar 5.6** diperoleh kombinasi yang dipakai yaitu kombinasi 10 untuk sisi sebelum sungai dan kombinasi 7 untuk sisi setelah sungai, karena membutuhkan ΔMR yang terbesar.

5.1.4.1 Perencanaan Perkuatan *Geotextile*

Dalam perencanaan ini, *geotextile* dipasang tiap 30 cm dengan pertimbangan jumlah layer pada *geotextile* di tiap lapisannya tidak lebih dari 3. Hal ini dilakukan untuk mencegah gagalnya *geotextile* akibat gesekan antar *geotextile*. Berikut adalah contoh perhitungan untuk perencanaan perkuatan *geotextile* timbunan jalan sebelum sungai.

- Menghitung tegangan tarik izin (T_{allow}) *Geotextile*
Spesifikasi *geotextile* yang dipakai adalah Kalpesh Synthetics seperti pada **Lampiran I**. Dengan menggunakan **Persamaan 2.15** dan **Tabel 2.2**, maka $T_{allow, Geotextile}$ dapat dihitung.

$$T_{\text{allow}} = \frac{T_{\text{ultimate}}}{SF}$$

$$SF = SF_{ID} \times SF_{CR} \times SF_{CD} \times SF_{BD} \text{ (Tabel 2.2)}$$

di mana:

$$SF_{ID} = 1,5$$

$$SF_{CR} = 2,5$$

$$SF_{CD} = 1,25$$

$$SF_{BD} = 1,15$$

sehingga:

$$T_{\text{allow}} = \frac{120}{1,5 \times 2,5 \times 1,25 \times 1,15}$$

$$= 22,261 \text{ KNm}$$

- Menghitung jarak *Geotextile* ke titik pusat kelongsoran (T_i)

T_i dihitung dengan **Persamaan (2.13)**. Ordinat dasar kelongsoran dapat diketahui dari *output* program bantu XSTABL. Output program bantu untuk timbunan jalan kedua sisi sungai ditampilkan pada **Lampiran II**. Berikut adalah contoh perhitungan T_i untuk timbunan jalan sisi sebelum sungai:

$$T_i = y_o - y_c$$

$$= 45,09 \text{ m} - 30 \text{ m}$$

$$= 15,09 \text{ m}$$

- Menghitung Jumlah Lapisan *Geotextile* yang Dibutuhkan

Dengan **persamaan 2.17**, untuk 1 m^2 tanah timbunan didapatkan:

$$M_{\text{geotextile}} = 22,261 \text{ kN} \times 15,09 \text{ m}$$

$$= 335,9165 \text{ kNm}$$

Kemudian, $M_{\text{geotextile}}$ dikumulatitkan dengan lapisan di atasnya, sehingga $\Sigma M_{\text{geotextile}} > \Delta MR$. Hasil perhitungan jumlah lapisan *geotextile* yang dibutuhkan untuk timbunan jalan pada kedua sisi sungai ditampilkan pada **Lampiran II**.

- Menghitung tegangan geser *geotextile* dengan tanah timbunan (τ_1)

Dengan mengetahui tegangan geser *undrained* tanah timbunan (Cu_1) dan sudut geser tanah timbunan (θ_1), maka τ_1 dapat dihitung dengan **persamaan 2.14**.

$$Cu_1 = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma_v &= 18 \text{ kN/m}^3 \times 4,9 \text{ m} \\ &= 88,2 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tan \theta_1 &= \tan(30^\circ) \\ &= 0,577\end{aligned}$$

maka:

$$\begin{aligned}\tau_1 &= Cu_1 + \sigma_v \cdot \tan \theta_1 \\ &= 0 + (88,2 \text{ kN/m}^2 \times 0,577) \\ &= 50,922 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Menghitung Tegangan Geser *Geotextile* dengan Tanah Asli (τ_2)

Dengan mengetahui tegangan geser *undrained* tanah dasar (Cu_2) dan sudut geser tanah dasar (θ_2), maka τ_2 dapat dihitung dengan **persamaan 2.14**.

$$\begin{aligned}Cu_2 &= \text{Tegangan geser tanah asli} \\ &= 8,76 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_v &= \gamma_{\text{timb}} \times H \\ &= 18 \text{ kN/m}^3 \times 4,9 \text{ m} \\ &= 88,2 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tan \theta_2 &= \tan(0^\circ) \\ &= 0\end{aligned}$$

maka:

$$\begin{aligned}\tau_2 &= Cu_2 + \sigma_v \cdot \tan \theta_2 \\ &= 8,76 + (88,2 \text{ kN/m}^2 \times 0) \\ &= 8,76 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Menghitung Panjang *Geotextile* di Belakang Bidang Longsor (L_e)

Panjang *Geotextile* di belakang bidang lonsor dicari menggunakan **persamaan 2.16**.

sehingga:

$$\begin{aligned} L_e &= (22,261 \text{ kN} \times 1,5) / [(50,922 \text{ kN/m}^2 + 8,76 \text{ kN/m}^2) \times 0,8] \\ &= 0,699 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menghitung Panjang *Geotextile* di Depan Bidang Longsor (L_r)

Panjang *Geotextile* di Depan Bidang Longsor (L_r) ditentukan menggunakan program bantu AutoCAD untuk mempermudah perhitungan.

Dengan cara yang sama seperti di atas, maka perhitungan panjang *geotextile* untuk timbunan setelah sungai dapat dihitung. Hasil perhitungan panjang *geotextile* untuk timbunan jalan kedua sisi sungai ditampilkan pada **Lampiran II**.

Hasil perhitungan jumlah kebutuhan, jarak pemasangan, dan total biaya *geotextile* untuk timbunan jalan pada kedua sisi sungai ditampilkan pada **Tabel 5.3**.

Tabel 5.3 Tabel Hasil Perhitungan Jumlah Kebutuhan Total dan Total Biaya *Geotextile* Timbunan Jalan

| Sisi | Jumlah Kebutuhan Total (m^2) | Total Biaya |
|----------------|---|-------------------|
| Sebelum Sungai | 40.400 | Rp 436.320.000,00 |
| Setelah Sungai | 42.900 | Rp 479.300.000,00 |

5.1.4.2 Perencanaan Perkuatan *Micropile*

Dalam perencanaan *micropile* ini, spesifikasi yang digunakan adalah minipile ATA BETON dengan penampang persegi, dimensi 16x16 cm. Spesifikasi selengkapnya ditampilkan pada **Lampiran I**. Berikut adalah contoh perhitungan perkuatan *micropile* pada timbunan jalan sebelum sungai.

- Penentuan Dimensi

Dipakai:

bt = lebar penampang

= 16 cm

ht = tinggi penampang

= 16 cm

fy = tegangan leleh tulangan

= 400 MPa

f'c = tegangan kekuatan beton

= 35 Mpa

D = diameter tulangan memanjang *micropile*

= 10 mm

φ = diameter tulangan sengkang *micropile*

= 6 mm

d' = tebal selimut beton

= 40 mm

jumlah tulangan tarik = 2 buah

jumlah tulangan tekan = 2 buah

jarak pemasangan tulangan sengkang = 200 mm

$$\text{As tarik} = 2 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right)$$

$$= 2 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \right)$$

$$= 157,08 \text{ mm}^2$$

$$\text{As tarik} = 2 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right)$$

$$= 2 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 6^2 \right)$$

$$= 157,08 \text{ mm}^2$$

$$d = h - d' - (1/2 \times D) - \phi$$

$$= (16 \times 10) - 40 - (1/2 \times 10) - 6 = 109 \text{ mm}$$

- Menghitung Panjang *micropile* (L)

Untuk menghitung panjang *micropile* yang digunakan perlu dicari kedalaman kelongsoran dengan SF sebesar SF rencana, yang ditampilkan pada **Gambar 5.8**.



Gambar 5.8 Gambar Kedalaman Kelongsoran dengan SF Sebesar SF Rencana

Dari **Gambar 5.8** dapat diketahui kedalaman kelongsoran dengan SF sebesar SF rencana tidak lebih dalam dari kelongsoran kritis. Maka dari itu, dipakai kedalaman praktis 2-3 meter di bawah bidang longsor kritis.

$$\begin{aligned}
 L_a \text{ (di atas bidang longsor)} &= \text{koordinat } (Y_z - Y_c) \\
 &= 30 \text{ m} - 23,3 \text{ m} \\
 &= 6,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kedalaman *micropile* harus lebih besar dari L_a , sehingga direncanakan $L = 9 \text{ m}$.

- Menghitung Momen *Ultimate Micropile* (M_u)

gaya tekan = gaya tarik

$$0,85 \times f'_c \times b \times a = A_s \text{ tarik} \times f_y$$

$$a = \frac{157,08 \text{ mm}^2 \times 400}{0,85 \times 35 \text{ MPa} \times (16 \text{ cm} \times 10)}$$

$$a = 13,2 \text{ mm}$$

gaya tekan:

$$\begin{aligned}
 C &= 0,85 \times 35 \text{ MPa} \times (16 \text{ cm} \times 10) \times 13,2 \text{ mm} \\
 &= 62.831,85 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Momen nominal (M_n):

$$\begin{aligned}
 M_n &= C \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_s' \times f_y (d - d') \\
 &= 62.831,85 \times \left(40 - \frac{13,2 \text{ mm}}{2} \right) + 157,08 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ MPa} \times \\
 &\quad (109 \text{ mm} - 40) \\
 &= 10.769.381 \text{ Nmm} \\
 &= 1,077 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Momen ultimate (M_u)

$$\begin{aligned} M_u &= \phi \times M_n \\ &= 0,8 \times 1,077 \text{ ton.m} \\ &= 0,86155 \text{ ton.m} \\ &= 86,15504 \text{ ton.cm} \end{aligned}$$

- Menghitung Gaya Penahan (*Resisting*)

Faktor modulus tanah (f)

$$\begin{aligned} C_u &= 8,8 \text{ kN/m}^2 \\ &= 0,088 \text{ Kg/cm}^2 \\ q_u &= 2 \times C_u \\ &= 2 \times 0,088 \text{ Kg/cm}^2 \\ &= 0,176 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

dengan Grafik NAVFAC, DM-7, 1971 seperti yang ditampilkan pada **Gambar 2.9**, maka didapat:

$$f = 0,128 \text{ kg/cm}^3$$

Momen inersia (I)

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{12} b x h^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 16 \times 16^3 \\ &= 54.613.333 \text{ mm}^4 \\ &= .461,333 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Momen Tahanan (W)

$$\begin{aligned} W &= I/C \\ &= I/(0,5h) \\ &= 461,333 \text{ cm}^4 / (0,5 \times 16\text{cm}) \\ &= 682,27 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Modulus Elastisitas (E)

$$E = 250000 \text{ kg/cm}^2$$

Faktor Kekakuan Relatif (T) (**Persamaan 2.18**)

$$\begin{aligned} T &= (EI/f)^{1/5} \\ &= (250000 \text{ kg/cm}^2 \times 5461,333 \text{ cm}^4 / 0,128 \text{ Kg/cm}^3)^{1/5} \\ &= 101,3 \text{ cm} \end{aligned}$$

Koefisien Momen Akibat Gaya Lateral (F_M)

$$L_b/T = (L_{\text{total}} - L_a) \times 100 / T$$

$$\begin{aligned}
 &= (2-0,38)\text{cm} \times 100 / 101,3 \text{ cm} \\
 &= 1,6 \\
 Z &= 0 \text{ m}
 \end{aligned}$$

dengan Grafik NAVFAC, DM-7, 1971 seperti yang ditampilkan pada **Gambar 2.15**, maka didapat:

$$F_M = 1$$

- Menghitung Gaya Horizontal yang Mampu Dipikul 1 Buah *Micropile*

$$\begin{aligned}
 P &= \mu / (F_M \cdot T) \text{ (Persamaan 2.19)} \\
 &= 86,155 \text{ toncm} / (1 \times 101,3 \text{ cm}) \\
 &= 0,85 \text{ ton} \\
 &= 8,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Jumlah *Micropile* yang Dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 H_{\text{inisial}} &= 4,9 \text{ m} \\
 SF_{\text{min}} &= 0,914 \\
 MR_{\text{min}} &= 9890 \text{ kNm} \\
 R_{\text{(jari-jari)}} &= 21,8 \text{ m} \\
 SF_{\text{rencana}} &= 1,5 \\
 M_{\text{dorong}} &= MR_{\text{min}} / SF_{\text{min}} \\
 &= 9890 \text{ kNm} / 0,914 \\
 &= 10800 \text{ kNm} \\
 MR_{\text{rencana}} &= M_{\text{dorong}} \times SF_{\text{rencana}} \\
 &= 10800 \text{ kNm} \times 1,5 \\
 &= 16200 \text{ kNm} \\
 \Delta MR &= MR_{\text{rencana}} - MR_{\text{min}} \\
 &= 16200 \text{ KNm} - 9890 \text{ KNm} \\
 &= 6340 \text{ KNm} \\
 F_k &= 2,643 \left[0,89 + 0,12 \frac{L/D}{2,69} \times \left[(0,85 \text{ Cu}^{-0,392}) / 2,865 \right] \right] \\
 &= 2,643 \left[0,89 + 0,12 \times (2,3 \text{ m} \times 100) / 16\text{cm} \right] / 2,69 \times \left[(0,85 \times 0,088 \text{ Kg/cm}^{2-0,392}) / 2,865 \right] \\
 &= 1,99122 \\
 P_{\text{max}} &= P \times F_k \text{ (Persamaan 2.20)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 8,5 \text{ KN} \times 1,99122 \\
 &= 16,934 \text{ kN} \\
 n &= \Delta MR / (P \times R) \text{ (Persamaan 2.22)} \\
 &= 6340 \text{ kNm} / (16,94 \text{ KN} \times 21,8 \text{ m}) \\
 &= 17,17 \text{ buah / meter tegak lurus gambar}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Jarak Antar *Micropile* (S)

dengan:

jarak kelongsoran = L = 15,0131 m (diperoleh dengan program bantu AutoCAD)

maka:

$$\begin{aligned}
 S &= L/(n+1) \\
 &= 15,0131 / (\frac{17,17}{3} + 1) \\
 &= 2,5 \text{ m} \\
 &= 250 \text{ cm.}
 \end{aligned}$$

Jadi, pada timbunan jalan sisi sebelum sungai dipakai *micropile* sebanyak 18 buah tiap 1 meter.

Perhitungan yang sama seperti di atas dilakukan untuk timbunan jalan setelah sungai. Gambar hasil perencanaan *micropile* ditampilkan pada **Lampiran VI**.

Hasil perhitungan jumlah kebutuhan, jarak pemasangan, dan total biaya *micropile* untuk timbunan jalan pada kedua sisi sungai ditampilkan pada **Tabel 5.4**.

Tabel 5.4 Tabel Hasil Perhitungan Jumlah Kebutuhan, Jarak Pemasangan, dan Total Biaya *Micropile* Timbunan Jalan

| Sisi | Jumlah Kebutuhan (buah) | Jarak Antar <i>Micropile</i> (cm) | Total Biaya |
|----------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Sebelum Sungai | 18 | 250 | Rp 2,146,953,600.00 |
| Setelah Sungai | 15 | 400 | Rp 2,684,592,000.00 |

5.2 Perencanaan Timbunan Oprit Trapesium

Sama seperti perhitungan timbunan jalan, pembagian tanah dasar dibagi setiap 1 meter.

5.2.1 Perhitungan Tinggi Awal (H_{inisial}) Timbunan

Perhitungan H_{inisial} timbunan oprit trapesium sama dengan perhitungan H_{inisial} untuk timbunan jalan. Grafik hubungan H_{final} dengan H_{inisial} untuk kedua sisi sungai pun ditampilkan pada **Gambar 5.3**.

Dari grafik-grafik di atas dapat ditentukan H inisial dan *settlement* yang terjadi dengan H final 4,7 dan 4,8 meter, yaitu:

1. pada sisi sebelum sungai:
 $H_{\text{inisial}} = 6,93$ m dan *settlement* = 1,7 m
2. pada sisi setelah sungai:
 $H_{\text{inisial}} = 6,94$ m, dan *settlement* = 1,6 m

5.2.2 Perhitungan Waktu Konsolidasi (t)

Waktu konsolidasi (t) dihitung dengan **Persamaan 2.10**. Berdasarkan perhitungan yang sudah dihitung pada **sub-bab 5.1**, waktu yang dibutuhkan tanah dasar untuk berkonsolidasi 90% adalah:

1. sisi sebelum sungai = 215,9644 tahun
2. sisi setelah sungai = 397,216 tahun.

Karena waktu yang dibutuhkan untuk konsolidasi sebesar 90% sangat besar, maka diperlukan bantuan *vertical drain* untuk mempercepat waktu konsolidasi tersebut. Jenis *vertical drain* yang dipakai adalah *Prefabricated Vertical Drain* (PVD).

5.2.3 Perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)

Perhitungan kebutuhan PVD adalah sama seperti perhitungan yang ditampilkan pada **sub-bab 5.1**.

Perencanaan dengan PVD Pola Segiempat

Dari **Gambar 5.3** didapat jarak antar PVD pola segiempat yang dipakai adalah 1,3 m.

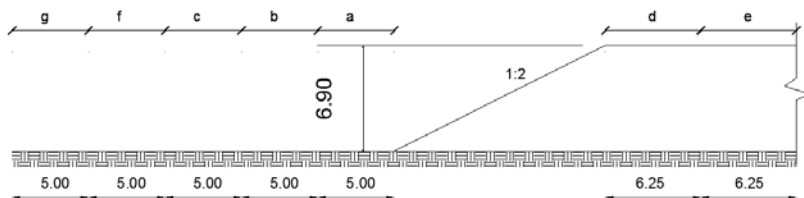
Perencanaan dengan PVD Pola Segiempat

Dari **Gambar 5.4** didapat jarak antar PVD pola segitiga yang dipakai adalah 1,4 m.

Jadi, PVD yang dipakai adalah menggunakan pola segitiga karena jarak yang lebih besar menghasilkan kuantitas yang lebih sedikit, yang mengakibatkan biaya yang lebih sedikit pula.

5.2.4 Perencanaan Perkuatan Timbunan

Konsep perkuatan timbunan oprit trapesium adlaah sama dengan perkuatan timbunan jalan yang sudah diterangkan pada **sub-bab 5.1**. Pembagian zona *initiation* dan *termination* pada analisis program bantu XSTABL ditampilkan pada **Gambar 5.9**.



Gambar 5.9 Pembagian Zona Simulasi Program XSTABL pada Oprit Trapesium

Kombinasi *inisiation* dan *termination* dari analisis kelongsoran yang digunakan pun sama dengan kombinasi pada **sub-bab 5.1**, yang ditampilkan pada **Tabel 5.1**.

Hasil analisis dari seluruh kombinasi untuk timbunan oprit trapesium pada sisi sebelum sungai ditampilkan pada **Tabel 5.5**.

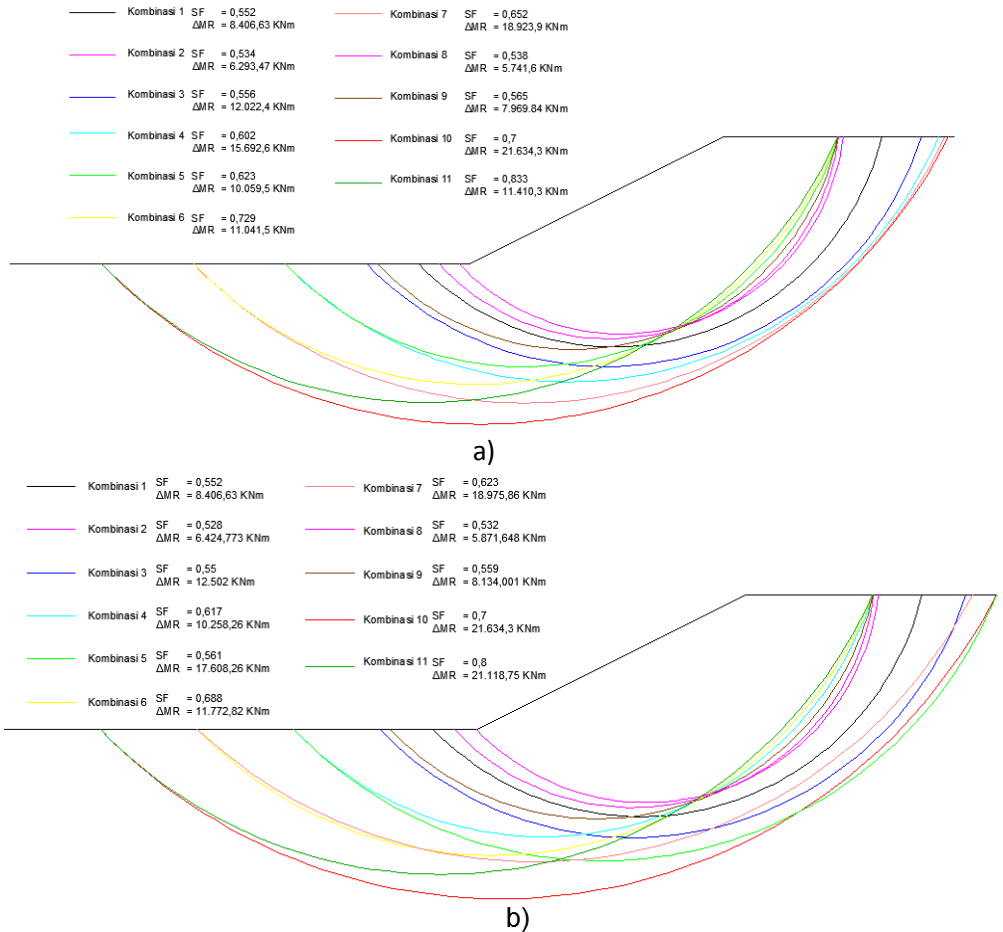
Tabel 5.5 Hasil Analisis Kelongsoran Seluruh Kombinasi

| Hasil Stabl | | | | | | | Perhitungan | | |
|-------------|----------|--------|----------|-------------|-------|-------|-------------|----------|---------|
| No | SF stabl | MR | MD | titik pusat | | R | SF | MR | Δ MR |
| | | (kN.m) | (kN.m) | X | Y | m | rencana | rencana | (kN.m) |
| 1 | 0.552 | 4895 | 8867.754 | 32.88 | 40.43 | 14.91 | 1.5 | 13301.63 | 8406.63 |

Tabel 5.5 Hasil Anilisis Kelongsoran Seluruh Kombinasi
(Lanjutan)

| Hasil Stabl | | | | | | | Perhitungan | | |
|-------------|----------|--------|----------|-------------|-------|-------|-------------|----------|-------------|
| No | SF stabl | MR | MD | titik pusat | | R | SF | MR | Δ MR |
| | | (kN.m) | (kN.m) | X | Y | m | rencana | rencana | (kN.m) |
| 2 | 0.534 | 3479 | 6514.981 | 32.56 | 38.52 | 12.56 | 1.5 | 9772.472 | 6293.472 |
| 3 | 0.556 | 7081 | 12735.61 | 32.42 | 42.42 | 17.97 | 1.5 | 19103.42 | 12022.42 |
| 4 | 0.602 | 10520 | 17475.08 | 30.39 | 45.39 | 21.77 | 1.5 | 26212.62 | 15692.62 |
| 5 | 0.623 | 7146 | 11470.3 | 27.95 | 42.31 | 17.87 | 1.5 | 17205.46 | 10059.46 |
| 6 | 0.729 | 10440 | 14320.99 | 25.28 | 44.65 | 21.17 | 1.5 | 21481.48 | 11041.48 |
| 7 | 0.652 | 14550 | 22315.95 | 27.98 | 47.71 | 25.24 | 1.5 | 33473.93 | 18923.93 |
| 8 | 0.538 | 3211 | 5968.401 | 33.23 | 38.32 | 12.11 | 1.5 | 8952.602 | 5741.602 |
| 9 | 0.565 | 4816 | 8523.894 | 30.68 | 40.02 | 14.64 | 1.5 | 12785.84 | 7969.841 |
| 10 | 0.7 | 18930 | 27042.86 | 25.52 | 49.92 | 28.6 | 1.5 | 40564.29 | 21634.29 |
| 11 | 0.833 | 14250 | 17106.84 | 22.65 | 47.03 | 24.52 | 1.5 | 25660.26 | 11410.26 |

MD, $MR_{rencana}$, dan ΔMR dihitung dengan **Persamaan 2.12**. Dari seluruh hasil analisis tersebut, diperoleh gambar kelongsoran untuk timbunan jalan pada kedua sisi sungai seperti yang ditampilkan pada **Gambar 5.10**.



Gambar 5.10 Gambar Hasil Analisis Kelongsoran untuk Timbunan Oprit Trapezium: a) Sisi Sebelum Sungai; b) Sisi Setelah Sungai

Karena SF terkritik dari kedua STA tersebut kurang dari 1,5 (beban tetap), maka diperlukan perkuatan timbunan.

Dari **Gambar 5.10** diperoleh kombinasi yang dipakai yaitu kombinasi 10 untuk kedua sisi sungai, karena membutuhkan ΔMR yang terbesar.

5.2.5 Perencanaan Perkuatan Timbunan Oprit Trapesium

5.2.5.1 Perencanaan Perkuatan *Geotextile*

Dalam perencanaan ini, *geotextile* dipasang tiap 30 cm dengan pertimbangan jumlah layer pada *geotextile* di tiap lapisannya tidak lebih dari 3. Hal ini dilakukan untuk mencegah gagalnya *geotextile* akibat gesekan antar *geotextile*. Berikut adalah contoh perhitungan untuk perencanaan perkuatan *geotextile* timbunan jalan sebelum sungai.

Konsep perhitungan kebutuhan perkuatan *geotextile* adalah sama seperti pada **sub-bab 5.1**.

Dengan cara yang sama seperti di atas, maka perhitungan panjang *geotextile* untuk timbunan setelah sungai dapat dihitung.

Hasil perhitungan jumlah kebutuhan, jarak pemasangan, dan total biaya *geotextile* untuk timbunan jalan pada kedua sisi sungai ditampilkan pada **Tabel 5.6**.

Tabel 5.6 Tabel Hasil Perhitungan Jumlah Kebutuhan Total dan Total Biaya *Geotextile* Timbunan Jalan

| Sisi | Jumlah Kebutuhan Total (m ²) | Total Biaya |
|----------------|--|-------------------|
| Sebelum Sungai | 67.728 | Rp 747.416.000,00 |
| Setelah Sungai | 64.272 | Rp 710.093.300,00 |

5.1.5.2 Perencanaan Perkuatan *Micropile*

Konsep perhitungan *micropile* untuk perkuatan timbunan oprit trapesium adalah sama dengan *micropile* untuk perkuatan timbunan jalan. Gambar hasil perencanaan *micropile* ditampilkan pada **Lampiran VI**.

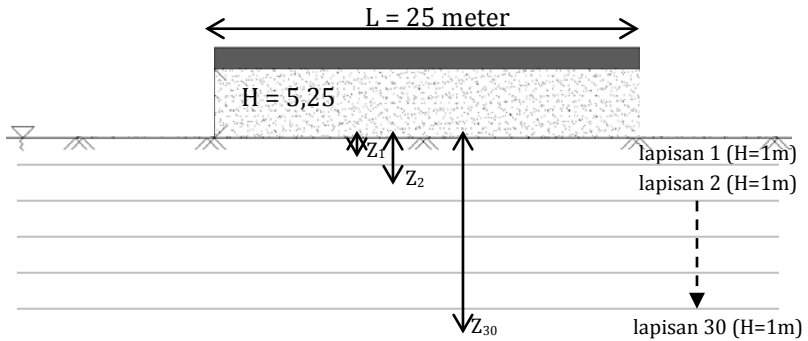
Hasil perhitungan jumlah kebutuhan, jarak pemasangan, dan total biaya *micropile* untuk timbunan oprit trapesium pada kedua sisi sungai ditampilkan pada **Tabel 5.7**.

Tabel 5.7 Tabel Hasil Perhitungan Jumlah Kebutuhan, Jarak Pemasangan, dan Total Biaya *Micropile* Timbunan Oprit Trapesium

| Sisi | Jumlah Kebutuhan (buah) | Jarak Antar <i>Micropile</i> (cm) | Total Biaya |
|----------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Sebelum Sungai | 43 | 104 | Rp 4.514.063.000,00 |
| Setelah Sungai | 49 | 400 | Rp 4.676.213.472,00 |

5.3 Perencanaan Timbunan Tegak

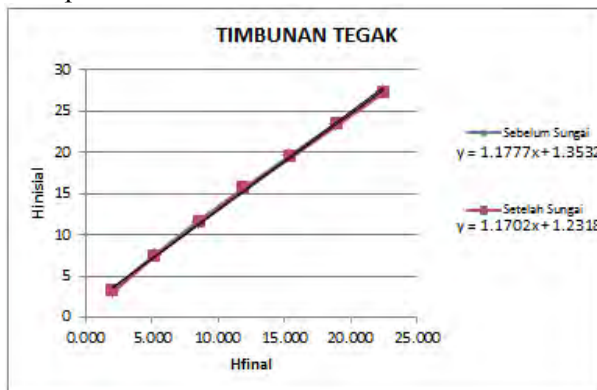
Perencanaan timbunan tegak dilakukan pada oprit sepanjang 6,5 meter sebelum abutment pada kedua sisi sungai. Sama seperti kasus sebelumnya, kedalaman tanah asli pada sisi sebelum sungai adalah 30 meter, sedangkan untuk sisi setelah sungai adalah 37 meter, yang masing-masing dibagi setiap kedalaman 1m. Maka, perhitungan besar settlement harus ditinjau sampai kedalaman 30 meter dan 37 meter (*compressible soil*). Potongan melintang oprit tegak sebelum sungai ditampilkan pada **Gambar 5.11**.



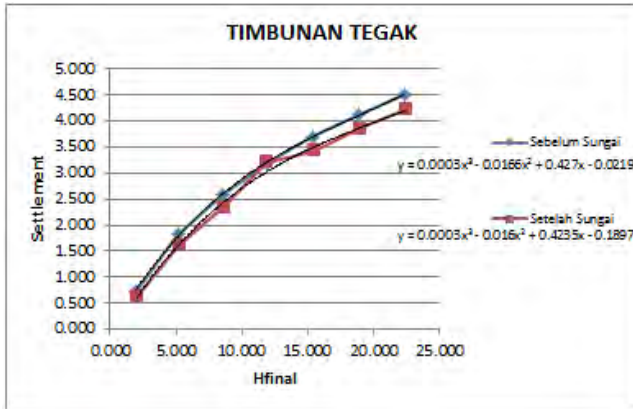
Gambar 5.11 Potongan Melintang Oprit Tegak Sebelum Sungai

5.3.1 Perhitungan Tinggi Awal (H_{inisial}) Timbunan

Konsep perhitungan H_{inisial} timbunan oprit tegak sama dengan perhitungan H_{inisial} untuk timbunan jalan. Namun, timbunan oprit tegak tidak memiliki panjang kemiringan timbunan (slope), sehingga grafik hubungan H_{final} dengan H_{inisial} menjadi sedikit berbeda. Grafik hubungan H_{final} dengan H_{inisial} untuk kedua sisi sungai ditampilkan pada **Gambar 5.12**. Dan grafik hubungan H_{final} dengan *settlement* untuk kedua sisi sungai ditampilkan pada **Gambar 5.13**.



Gambar 5.12 Grafik hubungan H_{final} dengan H_{inisial} Timbunan Oprit Tegak



Gambar 5.13 Grafik hubungan H_{final} dengan *Settlement* Timbunan Oprit Tegak

Dari grafik-grafik di atas dapat ditentukan H inisial dan *settlement* yang terjadi dengan H final 5,25 dan 5,4 meter, yaitu:

1. pada sisi sebelum sungai:
 H inisial = 7,54 m dan *settlement* = 1,8 m
2. pada sisi setelah sungai:
 H inisial = 7,66 m, dan *settlement* = 1,77 m

5.3.2 Perhitungan Waktu Konsolidasi (t)

Waktu konsolidasi (t) dihitung dengan **Persamaan 2.10**. Berdasarkan perhitungan yang sudah dihitung pada **sub-bab 5.1**, waktu yang dibutuhkan tanah dasar untuk berkonsolidasi 90% adalah:

1. sisi sebelum sungai = 215,9644 tahun
2. sisi setelah sungai = 397,216 tahun.

Karena waktu yang dibutuhkan untuk konsolidasi sebesar 90% sangat besar, maka diperlukan bantuan *vertical drain* untuk mempercepat waktu konsolidasi tersebut. Jenis *vertical drain* yang dipakai adalah *Prefabricated Vertical Drain* (PVD).

5.3.3 Perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)

Perhitungan kebutuhan PVD adalah sama seperti perhitungan yang ditampilkan pada **sub-bab 5.1**.

Perencanaan dengan PVD Pola Segiempat

Dari **Gambar 5.3** didapat jarak antar PVD pola segiempat yang dipakai adalah 1,3 m.

Perencanaan dengan PVD Pola Segiempat

Dari **Gambar 5.4** didapat jarak antar PVD pola segitiga yang dipakai adalah 1,4 m.

Jadi, PVD yang dipakai adalah menggunakan pola segitiga karena jarak yang lebih besar menghasilkan kuantitas yang lebih sedikit, yang mengakibatkan biaya yang lebih sedikit pula.

5.3.4 Perencanaan Perkuatan Timbunan

5.3.4.1 Perencanaan *Getotextile Wall*

Perkuatan timbunan tegak direncanakan menggunakan *geotextile wall* dengan spesifikasi bahan Unggul-Tex UW-250 yang tertera pada **Lampiran I**. Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan *geotextile wall* untuk sisi sebelum sungai:

a. Perhitungan tegangan tanah

Dengan asumsi beban yang akan diterima oleh timbunan adalah beban $q = 10$ Kpa, maka perhitungan tegangan tanah arah kesamping adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2(45 - \phi/2) \\ &= \tan^2(45 - 30/2) \\ &= 0,3333 \\ \sigma_H &= \sigma_{HS} + \sigma_{Hq} \\ &= K_a \cdot \gamma \cdot z + K_a \cdot q \\ &= (0,3333) \cdot (1,85) \cdot (z) + (0,3333) \cdot (10) \\ &= 0,6167 z + 3,3333 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan T_{allow} menggunakan **Persamaan 2.15**

$$\begin{aligned}
 T_{\text{allow}} &= \frac{T_{\text{ult}}}{FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \\
 &= \frac{52}{1 \times 2,5 \times 1 \times 1} \\
 &= 20,8 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan jarak pemasangan (Sv)

Sv dihitung dengan **Persamaan 2.24**. Berikut adalah contoh perhitungan Sv untuk timbunan tegak sebelum sungai.

Untuk $Z=1\text{m}$:

- Menghitung Tekanan Tanah Akibat Tanah di Belakang (σ_{HS})

$$\begin{aligned}
 \sigma_{HS} &= \gamma \times Z \times K_a \\
 &= 18,5 \text{ KN/m}^3 \times 1 \text{ m} \times 0,333 \\
 &= 6,17 \text{ kN/m}^3
 \end{aligned}$$

- Menghitung Tekanan Tanah Akibat *Surcharge* (σ_{HQ})

$$\begin{aligned}
 \sigma_{HQ} &= q \times K_a \\
 &= 10 \text{ KN/m}^3 \times 0,333 \\
 &= 3,33 \text{ kN/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi, } \sigma_{HQ} &= \sigma_{HS} + \sigma_{HQ} \\
 &= 9,5 \text{ KN/m}^3
 \end{aligned}$$

- Menghitung Jarak Vertikal *Geotextile* (Sv)

Dengan **Persamaan 2.24**:

$$S_v = \frac{T_{ALL}}{SF \times \sigma_{HZ} \times 1}$$

$$S_v = \frac{20,8}{1,5 \times 9,5} = 1,46 \text{ m} \rightarrow \text{dipakai } S_v = 0,5 \text{ m}$$

- Menghitung Panjang *Geotextile* di *Anchore Zone* (Le)

Dengan **Persamaan 2.26**:

$$\text{Didapat } L_e = \frac{1,46 \times 9,5 \times 1,5}{2[0 + 18,5 \times 1 \times \tan(0,95 \times 30)]} = 0,355 \text{ m}$$

Panjang L_e minimal adalah 1 m, maka dipakai $L_e = 1 \text{ m}$.

- Menghitung Panjang *Geotextile* di Depan *Anchore Zone* (L_R)
Dengan **Persamaan 2.25**:

$$\text{Didapat } L_R = (5,5 - 1) \times (tg(45 - 30/2)) = 2,6 \text{ m}$$

Jadi, $L_{\text{total}} = L_e + L_R = 3,6 \text{ m} \rightarrow$ dipakai $L = 4 \text{ m}$.

Hasil perhitungan panjang geotextile untuk internal *stability* dapat dilihat pada **Tabel 5.8** dan **Tabel 5.9**.

Tabel 5.8 Hasil Perhitungan Kebutuhan Panjang Geotekstil untuk
Sisi Sebelum Sungai

| Layer | Z | Sv | Le (m) | Le pakai (m) | Lr (m) | Ltotal (m) | Lpakai (m) |
|-------|------|------|-----------|-----------------|-----------|---------------|---------------|
| 1 | 0,5 | 0,5 | 0,48 | 1 | 2,74 | 3,74 | 4 |
| 2 | 1 | 0,5 | 0,35 | 1 | 2,45 | 3,45 | 4 |
| 3 | 1,5 | 0,5 | 0,31 | 1 | 2,17 | 3,17 | 4 |
| 4 | 2 | 0,5 | 0,29 | 1 | 1,88 | 2,88 | 4 |
| 5 | 2,5 | 0,5 | 0,28 | 1 | 1,59 | 2,59 | 4 |
| 6 | 3 | 0,5 | 0,27 | 1 | 1,30 | 2,30 | 4 |
| 7 | 3,25 | 0,25 | 0,13 | 1 | 1,15 | 2,15 | 4 |
| 8 | 3,5 | 0,25 | 0,13 | 1 | 1,01 | 2,01 | 4 |
| 9 | 3,75 | 0,25 | 0,13 | 1 | 0,87 | 1,87 | 2 |
| 10 | 4 | 0,25 | 0,13 | 1 | 0,72 | 1,72 | 2 |
| 11 | 4,25 | 0,25 | 0,13 | 1 | 0,58 | 1,58 | 2 |
| 12 | 4,5 | 0,25 | 0,13 | 1 | 0,43 | 1,43 | 2 |
| 13 | 4,75 | 0,25 | 0,13 | 1 | 0,29 | 1,29 | 2 |
| 14 | 5 | 0,25 | 0,13 | 1 | 0,14 | 1,14 | 2 |
| 15 | 5,25 | 0,25 | 0,13 | 1 | 0,00 | 1,00 | 2 |

Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Kebutuhan Panjang Geotekstil untuk Sisi Setelah Sungai

| Layer | Z (m) | Sv (m) | Le (m) | Le pakai (m) | Lr (m) | Ltotal (m) | Lpakai (m) |
|-------|-------|--------|--------|--------------|--------|------------|------------|
| 1 | 0,5 | 0,5 | 0,48 | 1 | 2,83 | 3,83 | 4 |
| 2 | 1 | 0,5 | 0,35 | 1 | 2,54 | 3,54 | 4 |
| 3 | 1,5 | 0,5 | 0,31 | 1 | 2,25 | 3,25 | 4 |
| 4 | 2 | 0,5 | 0,29 | 1 | 1,96 | 2,96 | 4 |
| 5 | 2,5 | 0,5 | 0,28 | 1 | 1,67 | 2,67 | 4 |
| 6 | 3 | 0,5 | 0,27 | 1 | 1,39 | 2,39 | 4 |
| 7 | 3,4 | 0,4 | 0,21 | 1 | 1,15 | 2,15 | 4 |
| 8 | 3,8 | 0,4 | 0,21 | 1 | 0,92 | 1,92 | 2 |
| 9 | 4,2 | 0,4 | 0,21 | 1 | 0,69 | 1,69 | 2 |
| 10 | 4,6 | 0,4 | 0,21 | 1 | 0,46 | 1,46 | 2 |
| 11 | 5 | 0,4 | 0,20 | 1 | 0,23 | 1,23 | 2 |
| 12 | 5,4 | 0,4 | 0,20 | 1 | 0,00 | 1,00 | 2 |

Karena panjang lipatan (L_o) minimal = 1m , maka digunakan $L_o = 1$ m untuk tiap layer

c. Kontrol eksternal *stability*

Setelah mengecek internal *stability*, perlu juga dilakukan cek eksternal *stability*.

Setelah mengecek internal *stability*, perlu juga dilakukan cek eksternal *stability*. Langkah pertama yaitu dengan mencari nilai P_a , yaitu tegangan pada titik berat diagram tegangan tanah.

$$\begin{aligned}
 P_a &= 0,5 \gamma H^2 K_a \\
 &= 0,5 \cdot 1,85 \cdot (5,25)^2 \cdot K_a \\
 &= 8,498 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$P_a \cos 30^\circ = 7,360 \text{ kN/m}$$

$$P_a \sin 30^\circ = 4,249 \text{ kN/m}$$

$$FS_{OT} = \sum \frac{\text{resisting movements}}{\text{driving movements}}$$

$$= \frac{2 \cdot 5,25 \cdot 1,85 \cdot 1 + 2 \cdot 3,6 \cdot 1,85 \cdot 4 + 2 \cdot 1,2 \cdot 1,85 \cdot 5 + 4,249 \cdot 3,6}{7,360 \cdot 2,4}$$

$$= 4,78 > 3 \text{ (OK)}$$

Tabel 5.10 Hasil Perhitungan Kontrol Terhadap Guling

| Kontrol | Sebelum Sungai | Setelah Sungai |
|-----------------------|----------------|----------------|
| Momen Dorong (ton.m) | 17,11 | 18,49 |
| Momen Penahan (ton.m) | 81,81 | 80,18 |
| SF | 4,78 | 4,34 |

Selain menghitung faktor keamanan untuk *overturning*, perlu juga dilakukan perhitungan *safety factor* terhadap *Sliding* dimana FS tidak boleh kurang dari 1,5

$$FS = \frac{\sum \text{resisting movements}}{\sum \text{driving movements}}$$

$$= \frac{\left[Co + \left(\frac{w_1 + w_2 + Pa \sin \theta}{x} \right) \tan \theta \right] x}{Pa \cos \theta}$$

$$= 2,47 > 1,5 \text{ (OK)}$$

Tabel 5.11 Hasil Perhitungan Kontrol Terhadap Guling

| Kontrol | Sebelum Sungai | Setelah Sungai |
|--------------------|----------------|----------------|
| Gaya Dorong (ton) | 9,48 | 9,01 |
| Gaya Penahan (ton) | 21,76 | 22,23 |
| SF | 2,29 | 2,47 |

Keterangan : Co = 0,8 Cu

Setelah melakukan kontrol terhadap *overturning* dan *sliding*, dilakukan kontrol terhadap keruntuhan pondasi menggunakan bearing capacity pondasi dangkal.

$$q_{ult} = c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

$$= 32,26 \cdot 4 + 10 \cdot 1 + 0$$

$$= 139,035 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{act} = 34,713 \text{ kN/m}^2$$

$$SF = 3,72 > 3 \text{ (OK)}$$

Tabel 5.12 Hasil Perhitungan Kontrol Terhadap Daya Dukung Pondasi

| Kontrol | Sebelum Sungai | Setelah Sungai |
|-------------------------------------|----------------|----------------|
| Beban Ultimate (kN/m ²) | 1044,87 | 1047,76 |
| Beban Aktual (kN/m ²) | 203,41 | 194,12 |
| SF | 5,14 | 5,4 |

Dengan dilakukannya seluruh kontrol diatas, maka perencanaan *geotextile wall* telah selesai dilakukan dan hasil perhitungan diatas diyakini dapat diterapkan oprit dengan timbunan tegak setinggi 5,25 m tersebut.

5.3.4.2 Perencanaan Gravity Wall

a. Perhitungan tegangan tanah

Dengan asumsi beban yang akan diterima oleh timbunan adalah beban $q = 10$ Kpa, maka perhitungan tegangan tanah arah kesamping didapat dari beban surcharge dan tekanan tanah aktif sebagai momen pendorong.

Hasil perhitungan momen pendorong pada timbunan tegak untuk kedua sisi sungai dapat dilihat pada **Tabel 5.13**.

Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Tegangan Tanah

| Kedalaman (m) | Sebelum Sungai | | | Kedalaman (m) | Setelah Sungai | | |
|---------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | σ'_{va} (t/m ²) | σ'_{vq} (t/m ²) | σ'_h (t/m ²) | | σ'_{va} (t/m ²) | σ'_{vq} (t/m ²) | σ'_h (t/m ²) |
| 0 | 0 | 1 | 3,33 | 0 | 0 | 1 | 3,33 |
| 5,25 | 4,4625 | 1 | 18,63 | 5,4 | 4,59 | 1 | 18,21 |

Dari hasil diagram tegangan yang diterima menghasilkan gaya dorong kesamping yang mengakibatkan momen guling akibat eksentrisitas gaya tersebut terhadap titik dasar *gravity wall* hasil perhitungan gaya dan momen dorong dapat dilihat pada **Tabel 5.14**

Tabel 5.14 Hasil Perhitungan Momen Dorong

| Kode. | Sebelum Sungai | | | Setelah Sungai | | |
|-------|----------------|------------|---------------|----------------|------------|---------------|
| | Beban (t) | Lengan (m) | Momen (ton.m) | Beban (t) | Lengan (m) | Momen (ton.m) |
| M1 | 11,375 | 2,625 | 29,860 | 11,7 | 2,7 | 31,59 |
| M2 | 25,381 | 1,75 | 44,416 | 26,852 | 1,8 | 48,333 |
| TOTAL | | | 79,923 | TOTAL | | 48,337 |

b. Perhitungan Momen Penahan

Momen penahan disebabkan oleh berat tanah dan berat sendiri *gravity wall* yang bekerja kearah berlawanan tegangan tanah. Hasil perhitungan momen akibat berat tanah dan berat sendiri *gravity wall* dapat dilihat pada **Tabel 5.15**.

Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Momen Penahan

| Kode. | Sebelum Sungai | | | Setelah Sungai | | |
|-------|----------------|------------|---------------|----------------|------------|---------------|
| | Gaya (t) | Lengan (m) | Momen (ton.m) | Gaya (t) | Lengan (m) | Momen (ton.m) |
| A | 29,016 | -0,2 | -5,8032 | 29,952 | -0,2 | -5,9904 |
| B | 18,135 | -0,56667 | -10,2765 | 18,72 | -0,5667 | -10,608 |
| C | 28,08 | 0 | 0 | 28,08 | 0 | 0 |
| Ta | 83,87438 | 0,75 | 62,90578 | 86,58 | 0,75 | 64,935 |
| TOTAL | | | 46,856 | TOTAL | | 48,337 |

c. Kontrol Geser

Dari seluruh perhitungan diatas maka didapatkan rekap beban yang diterima tiap-tiap *gravity wall* sebagaimana tercantum pada **Tabel 5.16**.

Tabel 5.16 Rekap Beban *Gravity Wall*

| Beban | Sebelum Sungai | Setelah Sungai |
|-----------|----------------|----------------|
| V (ton) | 159,1054 | 163,332 |
| H (ton) | 36,75547 | 38,5515 |
| M (ton.m) | -27,4491 | -31,5861 |

Untuk melakukan kontrol geser maka harus dihitung gaya horizontal penahan geser. Hasil perhitungan kontrol geser dapat dilihat pada **Tabel 5.17**

Tabel 5.17 Hasil Kontrol Geser

| Indikator | Sebelum Sungai | Setelah Sungai |
|---------------------|----------------|----------------|
| Penahan, Rh (ton) | 92,46 | 94,9 |
| Pendorong, Ph (ton) | 36,76 | 38,55 |
| SF > 1,5 | 2,5 | 2,5 |

d. Perencanaan Tiang Pancang

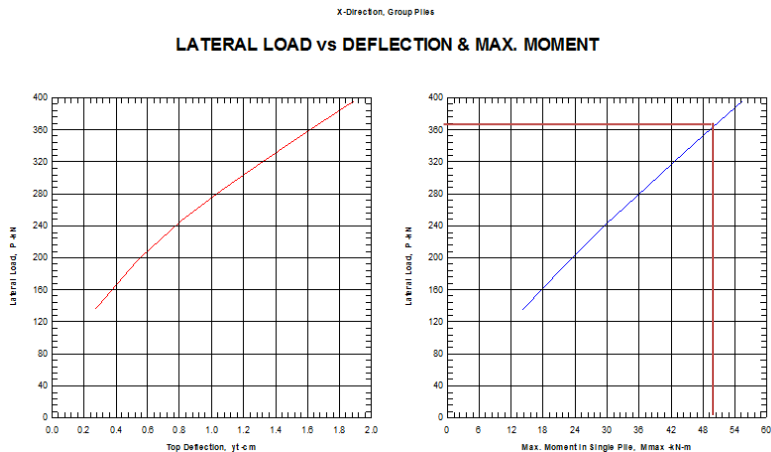
Berdasarkan rekap beban yang telah tercantum diatas didapatkan momen-momen dan gaya vertikal yang bekerja pada masing-masing *gravity wall* rencana. Dari beban-beban tersebut bisa didapatkan beban maksimum tiang pancang yang direncanakan dengan diameter 40, 50, dan 60 cm. Hasil perencanaan tiang pancang yang didapatkan pada tiap-tiap diameter rencana dapat dilihat pada **Tabel 5.18**.

Tabel 5.18 Hasil Perencanaan Tiang Pancang

| Diameter (cm) | Sebelum Sungai | | Setelah Sungai | |
|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| | Jumlah Tiang | Kedalaman (m) | Jumlah Tiang | Kedalaman (m) |
| 40 | 18 | 30,5 | 18 | 29 |
| 50 | 15 | 31 | 15 | 30,5 |
| 60 | 8 | 30,50 | 12 | 30 |

Kontrol kekuatan tiang pancang dilakukan dengan menggunakan aplikasi Allpile dengan mencari momen

maksimum yang diterima tiang pancang kemudian dibandingkan dengan besar momen *crack* tiang pancang. Pada **Gambar 5.14** berikut dapat dilihat salah satu contoh hasil analisa aplikasi allpile pada *gravity wall* di sisi sebelum sungai dengan menerapkan tiang pancang dengan diameter 40 cm.



Gambar 5.14 Hasil Analisa Momen Maksimum untuk Tiang Pancang D40 Sisi Sebelum Sungai

Sementara hasil analisa aplikasi Allpile untuk tiang pancang selengkapnya pada *gravity wall* Ssebelum dan setelah sungai dapat dilihat pada **Tabel 5.19**.

Tabel 5.19 Hasil Perhitungan Momen Maksimum

| Diameter Pancang (cm) | Mpmax (ton.m) | Material yang Digunakan | Keterangan |
|-----------------------|---------------|-------------------------|------------|
| Sebelum Sungai | | | |
| 40 | 5,04 | A1 | OK |
| 50 | 6,76 | A1 | OK |
| 60 | 16,06 | A1 | OK |

Tabel 5.19 Hasil Perhitungan Momen Maksimum (Lanjutan)

| Diameter Pancang (cm) | Mpmax (ton.m) | Material yang Digunakan | Keterangan |
|-----------------------|---------------|-------------------------|------------|
| Setelah Sungai | | | |
| 40 | 5,28 | A1 | OK |
| 50 | 7,6 | A1 | OK |
| 60 | 17,2 | A2 | OK |

5.3.5 Perhitungan Biaya Masing-Masing Perkuatan

Dengan menggunakan brosur harga geotextile dan tiang pancang pada **Lampiran I** dan berdasarkan jumlah perkuatan yang digunakan seperti pada **Sub-Bab 5.3.5**, maka didapat perhitungan masing-masing yang ditampilkan pada **Tabel 5.20** dan **Tabel 5.21**.

Tabel 5.20 Biaya Perkuatan *Geotextile*

| Nama | Panjang Total Kebutuhan (m) | Panjang Jalan (m) | Harga/m ² (Rp) | Total Harga |
|----------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------|-----------------|
| Sebelum Sungai | 46 | 7 | 14.000 | Rp 4.508.000,00 |
| Setelah Sungai | 38 | 7 | 14.000 | Rp 3.724.000,00 |

Tabel 5.21 Biaya Perkuatan Tiang Pancang pada *Gravity Wall*

| | Sebelum Sungai | Setelah Sungai |
|----------|-------------------|-------------------|
| Diameter | Total Harga | Total Harga |
| 40 | Rp 205,200,000.00 | Rp 205,200,000.00 |
| 50 | Rp 165,000,000.00 | Rp 165,000,000.00 |
| 60 | Rp 160,800,000.00 | Rp 160,800,000.00 |

Dari **Tabel 5.20** dan **Tabel 5.21** didapat kesimpulan perkuatan yang paling ekonomis adalah perkuatan *geotextile* dengan harga Rp 4.508.000,00 untuk timbunan tegak sebelum sungai, dan Rp 3.724.000,00 untuk timbunan tegak setelah sungai.

BAB VI

PERENCANAAN ABUTMENT DAN PILAR

6.1 Perencanaan Abutment A-1

Abutment jembatan sungai Wulan terletak pada kedua ujung jembatan, tepatnya pada STA 28+682 dan STA 28+782. Tiap-tiap sisi jembatan memiliki satu buah abutment. Jadi dalam perencanaan ini akan didapatkan dua hasil perhitungan abutment. Selanjutnya, abutment pada STA 28+682 dinamakan abutment A-1 dan abutment pada STA 28+782 dinamakan abutment A-2.

Adapun data tanah yang digunakan dalam perencanaan ini masing-masing adalah data tanah BH-1 untuk abutment A-1 dan data tanah BH-2 untuk abutment A-2. Untuk lebih lengkapnya, data tanah dapat dilihat pada **Lampiran I**.

6.1.1 Data Perencanaan

Perencanaan bangunan bawah (abutment) menggunakan perhitungan pondasi dalam. Perencanaan ini berdasarkan hasil analisa data tanah yang hanya memungkinkan untuk perencanaan pondasi dalam ($D/B > 4$). Data perencanaan yang dibutuhkan adalah:

A. Struktur Atas

| | |
|---------------------------------------|----------|
| Panjang Bentang (L) | : 25 m |
| Lebar Jalan (b) | : 12 m |
| Tebal Plat Lantai Kendaraan (t_c) | : 0,2 m |
| Tebal Lapisan Aspal (t_a) | : 0,05 m |

B. Struktur Bawah

| | |
|-------------------------------|----------|
| Lebar Pondasi (B) | : 12 m |
| Tinggi Abutment A-1 (H_1) | : 7,25 m |

6.1.2 Pembebanan

Perencanaan pembebanan berdasarkan pada RSNI T-02-2005 (Standar Pembebanan untuk Jembatan). Berikut ini adalah hasil perhitungan yang telah dilakukan.

a. Berat Sendiri Struktur Atas

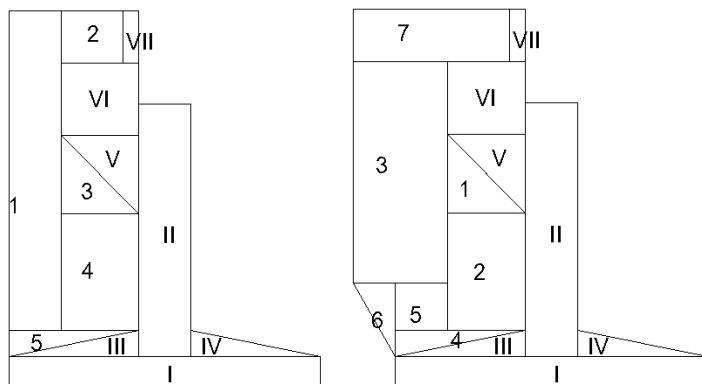
Beban akibat berat struktur atas diakibatkan oleh berat girder yang digunakan, plat beton, dan balok diafragma. Hasil perhitungan pembebanan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6.1 Beban Sendiri Struktur Atas

| Beban | Parameter Volume | | | | Berat | Satuan | Berat (kN) |
|-----------------------------|------------------|-------|-------|---|-------|-------------------|------------|
| | B (m) | t (m) | L (m) | n | | | |
| Plat Beton | 12 | 0,20 | 12 | 1 | 24,00 | kN/m ³ | 720 |
| Balok Memanjang | | | 12 | 7 | 357 | kN/m | 1249,5 |
| Balok melintang (diafragma) | | | | 6 | 9,02 | kN | 54,4 |
| P _{ms} = | | | | | | | 1995,9 |

b. Berat Sendiri Struktur Bawah

Beban struktur bawah diakibatkan oleh berat sendiri abutment, wingwall, dan tanah di belakang abutment. Hasil desain struktur bawah dan perhitungan pembebanan yang didapatkan dapat dilihat pada **Gambar 6.1** dan **Tabel 6.2**.



Gambar 6.1 Desain Beban Sendiri Abutment

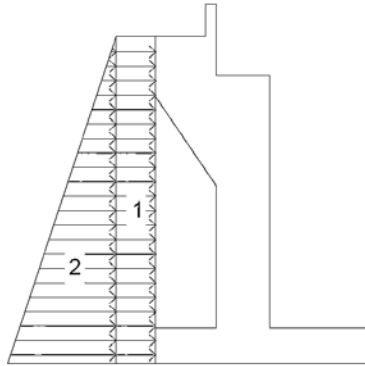
Berat Beton, $\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$
 Berat Tanah, $\gamma_t = 18,5 \text{ kN/m}^3$
 Lebar Abutment, $B = 12 \text{ m}$
 Tebal Wingwall, $b_w = 2 \times 0,4 \text{ m}$

Tabel 6.2. Perhitungan Beban Sendiri Abutmen

| Kode | Lebar (m) | Tinggi (m) | shape | Berat (kg) | Lengan (m) | Momen (kNm) |
|----------|--------------|---------------|----------|---------------|---------------|----------------|
| Abutmen | | | | | | |
| I | 6,0 | 0,6 | 1 | 103680 | 0,00 | 0,00 |
| II | 1 | 4,85 | 1 | 139680 | 0,02 | -26,54 |
| III | 2,5 | 0,5 | 0,5 | 18000 | 1,35 | -243,42 |
| IV | 2,538 | 0,5 | 0,5 | 18273,6 | 1,31 | 239,02 |
| V | 1,3 | 1,5 | 0,5 | 28080 | 0,95 | -267,42 |
| VI | 1,3 | 1,4 | 1 | 52416 | 1,17 | -612,74 |
| VII | 0,6 | 1 | 1 | 17280 | 0,82 | -141,52 |
| Wingwall | | | | | | |
| 1 | 1,3 | 1,5 | 0,5 | 1872 | 1,39 | -25,94 |
| 2 | 1,3 | 2,25 | 1 | 5616 | 1,17 | -65,65 |
| 3 | 1,7 | 4,25 | 1 | 13872 | 2,67 | -370,24 |
| 4 | 2,5 | 0,5 | 0,5 | 1200 | 2,19 | -26,23 |
| 5 | 0,3 | 0,9 | 1 | 518,4 | 1,97 | -10,21 |
| 6 | 1,4 | 1,4 | 1 | 3763,2 | 3,47 | -130,46 |
| 7 | 3 | 1 | 1 | 5760 | 2,62 | -150,85 |
| Tanah | | | | | | |
| 1 | 1 | 6,15 | 1 | 136530 | 1,62 | -2210,42 |
| 2 | 1,2 | 1 | 1 | 26640 | 2,42 | -644,42 |
| 3 | 1,3 | 1,5 | 0,5 | 21645 | 1,39 | -299,93 |
| 4 | 1,3 | 2,25 | 1 | 64935 | 1,17 | -759,09 |
| 5 | 2,5 | 0,5 | 0,5 | 13875 | 2,19 | -303,26 |
| | | | P_{MS} | 673636,20 | M_{MS} | -6049,32 |

c. Tekanan Tanah

Tekanan tanah horizontal diakibatkan oleh beban lalu lintas diatas oporit yang diasumsikan sebesar 10 kN/m^2 . Sementara tekanan tanah lateral dihitung berdasarkan perhitungan tekanan tanah aktif.



Gambar 6.2 Diagram Tegangan Akibat Tekanan Tanah di Belakang Abutment

| | |
|--------------------------------------|---|
| Tinggi Abutment, (H) | : 7,25 m |
| Lebar Abutement, (B) | : 12 m |
| Berat Jenis Tanah (γ_{SAT}) | : $18,5 \text{ kN/m}^3$ |
| Sudut Geser (ϕ) | : 30° |
| Koefisien Tanah Aktif (K_a) | : $\tan^2(45^\circ - 30^\circ/2) = 0,333$ |

Tabel 6.3 Perhitungan Tekanan Tanah

| Jenis Beban | T_{TA} (kN) | Eksentrisitas, thd titik O | M_{TA} (kNm) |
|-------------|------------------|-------------------------------|-------------------|
| T_{TA1} | 290,00 | 3,63 | 1051,25 |
| T_{TA2} | 1944,81 | 2,42 | 4699,96 |
| $H_{TA} =$ | 2234,81 | $M_{TA} =$ | 5751,21 |

d. Beban Lajur'D'

Beban kendaraan terdiri dari beban terbagi rata (BTR) dan beban garits terpusat (BGT). BGT memiliki intensitas q (Kpa) yang besarnya bergantung pada panjang total L yang dinyatakan dalam rumus berikut:

$$\begin{aligned} q &= 9.0 \text{ kPa} && \text{untuk } L \leq 30 \text{ m} \\ q &= 9.0 (0.5 + 15/L) && \text{untuk } L > 30 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk jembatan kelas III, beban yang digunakan adalah sebesar 70% dari beban yang didapatkan. Besarnya beban pada abutmen akibat beban BTR.

$$\begin{aligned} P_{BTR} &= 0.7 \times 0.5 \times q \times (5.5 + b) \times L / 2 \\ P_{BTR} &= 0.7 \times 0.5 \times 9 \times (5.5 + 12) \times 25 / 2 \\ P_{BTR} &= 689,0625 \text{ kN} \end{aligned}$$

Untuk perhingan beban garis terpusat digunakan intensitas sebesar 49 kN/m dengan faktor beban dinamis (DLA) sebesar 0,4. Besarnya BGT dapat dilihat pada perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} P_{BGT} &= 0.7 \times 0.5 \times P \times (1+DLA) \times (5.5 + 12) \\ P_{BGT} &= 0.7 \times 0.5 \times 49 \times (1+0.4) \times (5.5 + 12) \\ P_{BGT} &= 420,175 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka besarnya beban lajut D pada abutment adalah sebesar:

$$P_{LD} = P_{BTR} + P_{BGT} = 689,0625 + 420,1750 = 1109,2375 \text{ kN}$$

e. Gaya Rem

Gaya rem dihitung sebesar 5% dari beban D yang telah dihitung, maka didapatkan :

$$\begin{aligned} \text{Gaya horizontal rem,} & : 55,46 \text{ kN} \\ \text{Lengan terhadap titik O} & : 7,3 \text{ m} \\ \text{Momen akibat gaya rem} & : 404,87 \text{ kNm} \end{aligned}$$

f. Beban Angin

Perhitungan beban angin mengacu pada RSNI T-02-2005 ps. 7.6, yaitu pada dua kondisi yaitu:

1. Gaya angin yang meniup bidang jembatan

$$T_{ew1} = 0.0006 \cdot C_w \cdot V_w^2 \cdot A_b$$

$$T_{ew1} = 0.0006 \cdot 1.25 \cdot 35^2 \cdot 46,25$$

$$T_{ew1} = 42,49 \text{ kN}$$

2. Gaya angin yang meniup kendaraan

$$T_{ew2} = 0.0012 \cdot C_w \cdot V_w^2 \cdot L / 2$$

$$T_{ew2} = 0.0012 \cdot 1.25 \cdot 35^2 \cdot 25 / 2$$

$$T_{ew2} = 45,94 \text{ kN}$$

Besarnya gaya angin pada abutmen:

$$T_{ew} = T_{ew1} + T_{ew2} = 88,43 \text{ kN}$$

$$M_{ew} = T_{ew1} \cdot y_1 + T_{ew2} \cdot y_2 = 641,12 \text{ kN}$$

g. Beban Temperatur

Perhitungan beban temperatur yang mengacu pada peraturan harus mengambil perbedaan temperatur maksimum dan minimum yang dapat diketahui dari tabel 20 RSNI T-02-2005. Berikut ini adalah perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan beban temperatur.

Temperatur maksimum rata-rata, $T_{max} : 40^\circ\text{C}$

Temperatur minimum rata-rata, $T_{min} : 15^\circ\text{C}$

Perbedaan Temperatur

$$\Delta T = (T_{max} - T_{min}) / 2$$

$$\Delta T = (40 - 15) / 2$$

$$\Delta T = 12.5^\circ\text{C}$$

Koefisien perpanjangan (beton), $\alpha : 1.0 \times 10^{-5}$

Panjang girder $L : 25 \text{ meter}$

Jumlah tumpuan elastomer $n : 7 \text{ buah}$

Gaya pada abutmen akibat pengaruh temperature.

$$T_{ET} = \alpha \cdot \Delta T \cdot k \cdot L / 2 \cdot n$$

$$T_{ET} = 1.0 \times 10^{-5} \times 12.5 \times 1500 \times 25 / 2 \times 7$$

$$T_{ET} = 16,41 \text{ kN}$$

Lengan terhadap titik O = 5,45 m

Momen pada fondasi,

$$M_{ET} = T_{ET} \cdot y_o = 16,41 \times 5,45 = 89,42 \text{ kNm}$$

h. Beban Gempa

Pehitungan beban gempa dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$T_{EQ} = K_h \cdot W_t$$

dimana,

K_h = C / R , koefisien beban gempa horisontal

T_{eq} = Gaya geser dasar total arah yang ditinjau

W_t = $P_{ms} + P_{ma}$, berat total jembatan

C = koefisien respons gempa

R = faktor modifikasi respons

Periode getar struktur dihitung menggunakan rumus:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{W_{TP}}{g \cdot K_p}}$$

dimana,

g = 9.8 m/det^2 , percepatan gravitasi

K_p = kekakuan struktur terhadap gaya horizontal

W_{TP} = $P_{ms} \text{ (str atas)} + \frac{1}{2} P_{ms} \text{ (str bawah)}$

Beban Gempa Arah Memanjang Jembatan

o Dimensi Breast Wall

Tinggi, L_b = 4,85 m

lebar, b = 12 m

tebal, h = 1 m

o Inersia Penampang Breast Wall, I_c

$$I_c = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1,00 \text{ m}^4$$

- o Nilai Kekakuan, K_p

$$K_p = \frac{3 \cdot E_c \cdot I_c}{L_b^3} = 872184,91 \text{ kN/m}$$

- o Berat Mati Total Struktur, W_{tp}

$$W_{TP} = P_{ms \text{ (str atas)}} + \frac{1}{2} P_{ms \text{ (str bawah)}}$$

$$W_{TP} = 1136.912 \text{ kN}$$

- o Waktu Getar Alami Struktur, T

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{W_{TP}}{g \cdot K_p}} = 0.157 \text{ det}$$

- o Koefisien Beban Gempa Horisontal, K_h

Berdasarkan pada peta respons spektra SNI 2833-2013 didapatkan besarnya S_s , S_1 , PGA , F_{PGA} , F_a , dan F_1 untuk tanah sedang kota Cirebon adalah.

$$S_s = 0,7 \text{ g} \quad F_a = 0,9$$

$$S_1 = 0,25 \text{ g} \quad F_v = 3$$

$$PGA = 0,1 \text{ g} \quad F_{PGA} = 0,9$$

$$S_{DS} = S_s \cdot F_a = 0,63$$

$$S_{D1} = S_1 \cdot F_v = 0,75$$

$$A_s = PGA \cdot F_{PGA} = 0,09$$

Periode Spektum Respons Gempa

$$T_s = S_{D1}/S_{DS} = 1,19 \text{ dtk}$$

$$T_0 = 0.2 \text{ } T_s = 0,24$$

Untuk T kurang dari T_0 besarnya koefisien respons gempa, C

$$C = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s = 0,308$$

Faktor Modifikasi Respons, $R = 1,5$

(Pilar tipe dinding, jembatan penting)

Koefisien gempa horizontal, K_h

$$K_h = C / R = 0,308 / 1,5 = 0,205$$

- Gaya Gempa, T_{EQ}
 Gaya gempa rencana, T_{EQ} ,
 $T_{EQ} = K_h W_t$
 $T_{EQ} = 0,205 W_t$

Tabel 6.4 Perhitungan Beban Gempa Arah Memanjang

| Kode | Berat (kN) | Teq (kN) | Lengan (m) | Momen (kNm) |
|---------------|------------|----------|------------|-------------|
| Bangunan Atas | | | | |
| Pms | 1995,132 | 409,71 | 5,45 | 2232,920 |
| Abutmen | | | | |
| 1 | 1036,8 | 212,91 | 0,3 | 63,874 |
| 2 | 1396,8 | 286,84 | 3,025 | 867,690 |
| 3 | 180 | 36,96 | 0,767 | 28,339 |
| 4 | 182,736 | 37,53 | 0,767 | 28,770 |
| 5 | 280,8 | 57,66 | 4,85 | 279,669 |
| 6 | 524,16 | 107,64 | 6,05 | 651,215 |
| 7 | 172,8 | 35,49 | 6,75 | 239,526 |
| Wingwall | | | | |
| 1 | 18,72 | 3,84 | 3,85 | 14,800 |
| 2 | 56,16 | 11,53 | 2,225 | 25,660 |
| 3 | 138,72 | 28,49 | 4,125 | 117,508 |
| 4 | 12 | 2,46 | 0,93 | 2,300 |
| 5 | 5,184 | 1,06 | 1,55 | 1,650 |
| 6 | 37,632 | 7,73 | 1,53 | 11,849 |
| 7 | 57,6 | 11,83 | 6,75 | 79,842 |
| Tanah | | | | |
| 1 | 1365,3 | 280,37 | 4,675 | 1310,735 |
| 2 | 266,4 | 54,71 | 1,1 | 60,177 |
| 3 | 216,45 | 44,45 | 3,85 | 171,129 |
| 4 | 649,35 | 133,35 | 2,225 | 296,698 |
| 5 | 138,75 | 28,49 | 0,93 | 26,593 |
| Teq | | 1383,34 | Meq | 4278,024 |

Beban Gempa Arah Melintang Jembatan

Untuk perhitungan beban gempa arah melintang jembatan, dengan menggunakan cara perhitungan yang sama, didapatkan hasil:

$$T_{EQ} = 0,072 W_t$$

$$T_{EQ} = 485,78 \text{ kN}$$

$$M_{EQ} = 1189,486 \text{ kNm}$$

i. Tekanan Tanah Dinamis Akibat Gempa

Tekanan tanah dinamis akibat gempa dihitung dengan menggunakan koefisien tanah dinamis yang dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut:

$$\theta = \tan^{-1}(K_h)$$

$$K_{aG} = \frac{\cos^2(\phi' - \theta)}{\left[\cos^2 \theta \cdot \left\{ 1 + \frac{\sqrt{\sin \phi' \cdot \sin(\phi' - \theta)}}{\cos \theta} \right\} \right]}$$

dimana:

| | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Tinggi abutmen, H | = 7,25 m |
| Lebar abutmen, B | = 12 m |
| Koefisien gempa lateral, K_h | = 0,205 |
| Sudut geser tanah timbunan, ϕ' | = 30° |
| Koefisien tanah aktif timbunan, K_a | = 0.333 |
| Berat volume timbunan, w_s | = $18,5 \text{ kN/m}^3$ |

$$K_{aG} = 0,668$$

$$\Delta K_{aG} = K_{aG} - K_a = 0,334$$

Besarnya gaya lateral akibat tekanan tanah dinamis,

$$T_{EQ} = \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot w_s \cdot \Delta K_{aG} \cdot B_y$$

$$T_{EQ} = 2032,08 \text{ kN}$$

$$y_{EQ} = 4,93 \text{ m}$$

$$M_{EQ} = 10024,91 \text{ kNm}$$

j. Kombinasi Beban Kerja

Beban-beban yang telah didapatkan diatas selanjutnya perlu dikombinasikan untuk menghasilkan nilai-nilai beban yang sesuai dengan kondisi kenyataan. Sementara itu, kombinasi beban-beban itu sendiri dapat dilihat pada **Tabel 6.5**.

Tabel 6.5 Kombinasi Pembebanan Bangunan Bawah Jembatan

| Aksi | Kombinasi No. | | | | | | |
|---|---------------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Aksi tetap (beban mati, Mti + beban tanah, Tan) | x | x | x | x | x | x | x |
| Beban lalu lintas (beban hidup, Hdp) | x | x | x | x | | | x |
| Pengaruh temperature (Tmp) | | x | | x | | | |
| Arus/hanyutan/hidro/daya apung (Hdr) | x | x | x | x | x | | |
| Beban angin (Ang) | | | x | x | | | |
| Pengaruh gempa (Gmp) | | | | | x | | |
| Beban tumbukan (Tmb) | | | | | | | x |
| Beban selama pelaksanaan (Pik) | | | | | | x | |
| Tegangan berlebihan yang diperbolehkan | 0% | 25% | 25% | 40% | 50% | 30% | 50% |
| Kenaikan daya dukung ijin yang dibolehkan | 100% | 125% | 125% | 140% | 150% | 130% | 150% |

Perincian masing-masing hasil kombinasi dapat dilihat pada **Lampiran IV**. Hasil perhitungan kombinasi pembebanan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6.6 Hasil Perhitungan Kombinasi Pembebanan Abutment A-1

| Kombinasi no. | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|---------------|-----------|--------|---------|---------|----------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| 1 | 2290,27 | 0,00 | 9840,73 | 0,00 | 47,78 |
| 2 | 2306,68 | 0,00 | 9840,73 | 0,00 | 137,19 |
| 3 | 2290,27 | 88,43 | 9840,73 | 641,12 | 47,78 |
| 4 | 2306,68 | 88,43 | 9840,73 | 641,12 | 137,19 |
| 5(x) | 6059,94 | 0,00 | 8731,49 | 0,00 | 16199,83 |
| 5(y) | 2234,81 | 629,65 | 8731,49 | 1973,60 | -336,02 |

6.1.3 Kontrol Stabilitas Guling

Perhitungan stabilitas guling menggunakan SF minimal sebesar 2,2. Letak titik guling berada pada ujung pondasi sehingga lengan momen dari titik O adalah sebesar $B/2 = 3$ m untuk arah x dan $B/2 = 6$ m untuk arah y. Perhitungan kontrol guling menggunakan rumus sebagai berikut:

$$M_{py} = P \cdot B/2 \cdot (1+k), \quad \text{dengan } k = \text{persen kelebihan beban yang diijinkan (\%)}$$

$$SF = M_p/M > 2.2$$

Hasil perhitungan kontrol stabilitas guling arah x dan arah y dapat dilihat pada **Tabel 6.7** dan **Tabel 6.8**.

Tabel 6.7 Stabilitas Guling Arah X

| Kombinasi | k | P (kN) | M_y (kNm) | M_{py} (kNm) | SF | Keterangan |
|-----------------|-----|-----------|----------------|-------------------|--------|------------|
| Kombinasi 1 | 0% | 9840,73 | 47,78 | 29522,195 | 617,91 | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 2 | 25% | 9840,73 | 137,19 | 36902,743 | 268,98 | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 3 | 25% | 9840,73 | 47,78 | 36902,743 | 772,39 | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 4 | 40% | 9840,73 | 137,19 | 41331,072 | 301,26 | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 5 (x) | 50% | 8731,49 | 16199,83 | 39291,723 | 2,425 | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 5 (y) | 50% | 8731,49 | -336,02 | 39291,723 | 116,93 | >2,2 (OK) |

Tabel 6.8 Stabilitas Guling Arah Y

| Kombinasi | k | P (kN) | M_x (kNm) | M_{px} (kNm) | SF | Keterangan |
|-----------------|------|-----------|----------------|-------------------|----------|------------|
| Kombinasi 1 | 0 | 9840,7315 | 0,00 | 118088,78 | ∞ | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 2 | 0,25 | 9840,7315 | 0,00 | 147610,97 | ∞ | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 3 | 0,25 | 9840,7315 | 641,12 | 147610,97 | 230,2409 | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 4 | 0,4 | 9840,7315 | 641,12 | 165324,29 | 257,8698 | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 5 (x) | 0,5 | 8731,494 | 0,00 | 157166,89 | ∞ | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 5 (y) | 0,5 | 8731,494 | 1973,60 | 157166,89 | 79,63447 | >2,2 (OK) |

6.1.4 Perencanaan Tiang Pancang

Setelah menghitung kombinasi pembebanan, tahap selanjutnya ialah merencanakan tiang pancang yang tepat dari segi jumlah maupun ukuran. Dalam perencanaan tiang pancang ini menggunakan tiang pancang berbentuk lingkaran berongga dengan diameter luar masing-masing sebesar 40, 50, dan 60 cm. Spesifikasi bahan dapat dilihat pada **Lampiran I**.

a. Menentukan Kombinasi Tiang

Penentuan jumlah dan jarak antar tiang dibatasi oleh ketentuan berikut;

- Jarak tiang terluar keujung *pilecap* sebesar d
- Jarak antar tiang minimal $2,5d \leq 3d$

Hasil perhitungan kombinasi tiang beserta jarak antar tiang sepanjang sumbu-x dan sumbu-y dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6.9 Hasil Perhitungan Kombinasi Tiang Pancang D40, D50, D60 pada Abutment A-1

| DIAMETER (m) | Jarak Pancang ke Tepi | Kebutuhan dalam b | Kebutuhan dalam l | TOTAL | Jarak (m) | |
|-----------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|-------|-----------|-----|
| | | | | | b | l |
| 0,6 | 0,6 | 4 | 8 | 32 | 1,6 | 1,5 |
| 0,5 | 0,5 | 5 | 9 | 45 | 1,3 | 1,4 |
| 0,4 | 0,4 | 5 | 10 | 50 | 1,3 | 1,2 |

Sketsa pemasangan pile berdasarkan tabel diatas dapat dilihat pada **Lampiran IV**.

b. Mencari P_{max} Tiang

Setelah menemukan kombinasi tiang pancang untuk tiap-tiap diameter tiang yang direncanakan, barulah dapat dihitung kuat maksimum (P_{max}) untuk satu tiang pancang. Hasil perhitungan P_{max} tiang pancang untuk diameter 40,50,60 cm. Persamaan yang digunakan adalah;

$$P_{max} = \frac{\sum V}{n} + \frac{M_y \cdot x_1}{\sum x_i^2} + \frac{M_x \cdot y_1}{\sum y_i^2}$$

dimana: x_1/y_1 = jarak terjauh *pile* sepanjang sumbu. x/y
 $\sum x_i^2 / \sum y_i^2$ = jarak *pile* dikalikan jumlah pada jarak tersebut

Maka didapatkan hasil perhitungan untuk P_{max} untuk satu tiang pada tiap-tiap ukuran tiang pancang yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6.10 Hasil perhitungan P_{max} Tiang Pancang pada Abutment A-1

| Kombinasi | P maksimum (ton) | | |
|-----------|------------------|--------|--------|
| | D40 | D50 | D60 |
| I | 19,746 | 21,940 | 30,902 |
| II | 15,892 | 17,660 | 24,945 |
| III | 16,574 | 18,050 | 25,829 |
| IV | 14,883 | 16,212 | 23,262 |
| V(x) | 26,126 | 29,203 | 51,940 |
| V(y) | 13,335 | 13,874 | 20,333 |

c. Kontrol Daya Dukung Tiang

Perhitungan daya dukung tanah menggunakan metode Meyerhoff dan Bazarra menghasilkan grafik hubungan antar kedalaman tiang dan daya dukung tanah yang dapat dilihat pada **Lampiran IV**. Melalui grafik tersebut dapat ditentukan kedalaman tiang pancang dengan syarat: $P_{max} < (P_{ijin} \times Ef)$ dimana:

Ef = efisiensi tiang berdasarkan rumusan Seiler-Keeney

$$Ef = \left[1 - \frac{36S}{(75s^2 - 7)} \times \left(\frac{m + n - 2}{m + n - 1} \right) \right] + \frac{0,3}{m + n}$$

dimana: S = jarak antar tiang
 m = jumlah baris tiang
 n = jumlah kolom tiang

Hasil perhitungan kontrol daya dukung tiang pancang beserta kedalaman yang dibutuhkan untuk tiap-tiap ukuran tiang pancang pada masing-masing abutment dapat dilihat pada **Tabel 6.21**.

Tabel 6.11 Hasil Perhitungan Kedalaman Tiang Pancang Rencana untuk Abutment A-1

| Diameter (m) | Kedalaman (m) |
|--------------|---------------|
| 0,4 | 33 |
| 0,5 | 31 |
| 0,6 | 38,5 |

d. Kontrol Tiang Pancang

Kontrol tiang berfungsi untuk memastikan tiang pancang yang sudah direncanakan tidak mengalami geser lateral dan tidak mengalami *crack* akibat momen. Tahapan yang dilakukan dalam proses kontrol tiang pancang dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini. Perhitungan berikut merupakan kontrol lateral untuk diameter 60 cm.

o Mencari Harga f

Harga f didapatkan melalui grafik dari NAVFAC DM-7 yang sebelumnya telah tercantum pada **Gambar 2.10**. Sebelumnya, perlu ditemukan nilai geser undrained (C_u).

$$N_{SPT} = 1 \rightarrow C_u = 0,5 \text{ KPa (Korelasi } N_{SPT})$$

$$Q = 2 \times C_u = 1 \text{ Kpa} = 0,01 \text{ kg/cm}^2 = 0,0102 \text{ ton/ft}^2$$

dari grafik NAVFAC didapatkan nilai $f = 3 \text{ ton/ft}^2$

$$f = 3 \times 0,032 = 0,096 \text{ kg/cm}^3$$

o Mencari Nilai T

$$T = (EI/f)$$

$$E = 4700 \times \sqrt{fc} = 332340,19 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 510508,2 \text{ cm}^4$$

$$\text{Maka, } T = 281,5 \text{ cm} = 2,815 \text{ m}$$

- Mencari F_δ dan F_M
 Untuk mencari nilai F_δ dan F_M juga digunakan kurva NAVFAC ang sebelumnya telah tercantum pada **Gambar 2.11**. Namun sebelumnya harus ditentukan nilai L/T dan nilai z ditetapkan pada kedalaman 0 m ($z = 0$). Dimana L = panjang tiang pancang ang digunakan.
 $L/T = 36,5/2,815 = 13$
 dari kurva NAVFAC didapatkan;
 $F_\delta = 0,95$ dan $F_M = 0,86$
- Perhitungan Geser Lateral
 Geser lateral dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\delta = F_\delta \left(\frac{PT^3}{EI} \right)$$

Dimana : $P = H_{\max}/n$
 H_{\max} = gaya horizontal maksimum
 n = jumlah tiang pancang
 $\delta \leq 1 \text{ inch (2,54 cm)}$

Didapatkan $\delta = 1,58 \text{ cm} < 2,54 \text{ cm}$

Maka tiang pancang rencana aman dari geser lateral

- Perhitungan Momen Maksimum
 Geser lateral dihitung dengan menggunakan persamaan

$$M_{p\max} = F_M \cdot P \cdot T$$

Dimana : $P = H_{\max}/n$
 H_{\max} = gaya horizontal maksimum
 n = jumlah tiang pancang
 $M_{p\max} < \text{Momen crack bahan}$

Didapatkan $M_{p\max} = 30,56 \text{ ton.m} < M_{\text{crack}}$

Maka tiang pancang rencana aman dari retak akibat momen

Hasil kontrol ntuk diameter lainnya pada abutment A-1 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6.12 Hasil Perhitungan Kontrol Tiang Pancang Rencana pada Abutment A-1

| Diameter Pancang (cm) | Kontrol Lateral | | Kontrol Momen <i>crack</i> | |
|-----------------------|--------------------|------------|----------------------------|------------|
| | Geser Lateral (cm) | Keterangan | Mpmax (ton.m) | Keterangan |
| 40 | 1,58 | OK | 15,64 | OK |
| 50 | 1,48 | OK | 18,91 | OK |
| 60 | 1,58 | OK | 30,56 | OK |

6.1.5 Penentuan Tiang Pancang yang Digunakan

Dengan menggunakan brosur harga tiang pancang pada **Lampiran I** dan berdasarkan jumlah perkuatan yang digunakan seperti pada **Sub-Bab 6.1.4**, maka didapat hasil biaya yang dibutuhkan untuk masing-masing diameter tiang, yang ditampilkan pada **Tabel 6.26**.

Tabel 6.13 Harga Masing-Masing Tiang Pancang yang Dipakai

| Diameter (m) | Kedalaman (m) | Jumlah (buah) | Harga (Rp.) |
|--------------|---------------|---------------|-------------------|
| 0,4 | 33 | 50 | Rp 632.700.000,00 |
| 0,5 | 31 | 45 | Rp 495.000.000,00 |
| 0,6 | 38,5 | 32 | Rp 514.560.000,00 |

Penentuan tiang pancang yang dipakai ditentukan berdasarkan biaya ang paling ekonomis. Oleh karena itu, untuk abutment A-1 digunakan tiang pancang dengan diameter 0,6 cm.

6.1.6 Perhitungan Penulangan Abutment

• *Breast Wall*

Direncanakan dimensi abutmen dengan diameter tulangan vertikal adalah 25 mm, dan diameter tulangan horizontal adalah 22 mm. Kekuatan leleh tulangan (f_y) adalah 290 MPa, dan kekuatan tekan beton (f'_c) adalah K-300. Tebal selimut beton adalah 7,5 cm. Berikut ini adalah beban ultimate yang terjadi pada breast wall;

1. Tekanan Tanah
 $H = 1330,416 \text{ kN}$
 $M = 2346,859 \text{ kNm}$
2. Beban Gempa
 $H = 897,338 \text{ kN}$
 $M = 3641,094 \text{ kNm}$
3. Tekanan Tanah Dinamis
 $H = 1539,741$
 $M = 4978,497$

Didapatkan momen ultimate, $M_u = 10966,45 \text{ kNm}$
 $d = 925 \text{ mm} \rightarrow dx = d - 0,5 \varnothing - D = 890,5 \text{ mm}$

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,05$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,038$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 0,0048$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0.85 \cdot f_c}} \right) = 0,00512$$

$\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$ maka digunakan ρ_{perlu}

$$A_s \text{ perlu} = \rho_b \cdot dx = 54672,16 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D25-100 ($A_s = 58904 \text{ mm}^2$)

Untuk tulangan bagi dipakai $20\% A_s = 10934,432 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D22-160 ($A_s = 11403,98 \text{ mm}^2$)

• **BackWall**

Direncanakan dimensi abutmen dengan diameter tulangan vertikal adalah 16 mm, dan diameter tulangan horizontal adalah 13 mm. Kekuatan leleh tulangan (f_y) adalah 290 MPa, dan kekuatan tekan beton (f'_c) adalah K-300. Tebal selimut beton adalah 5 cm. Berikut ini adalah beban ultimate yang terjadi pada breast wall;

1. Tekanan Tanah
 $H = 386,4 \text{ kN}$
 $M = 357,12 \text{ kNm}$
2. Beban Gempa
 $H = 143,12 \text{ kN}$
 $M = 142,77 \text{ kNm}$
3. Tekanan Tanah Dinamis
 $H = 377,04 \text{ kN}$
 $M = 603,26 \text{ kNm}$

Didapatkan momen ultimate, $M_u = 1103,152 \text{ kNm}$
 $d = 550 \text{ mm} \rightarrow dx = d - 0,5 \varnothing - D = 529 \text{ mm}$

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,05$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,038$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 0,0048$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0.85 \cdot f_c}} \right) = 0,00143$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka digunakan ρ_{\min}

$$A_s \text{ perlu} = \rho_b \cdot dx = 30645,52 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16-75 ($A_s = 30762 \text{ mm}^2$)

Untuk tulangan bagi dipakai $20\% A_s = 6129,10 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D13-50 ($A_s = 6371,15 \text{ mm}^2$)

• *Pilecap*

Direncanakan dimensi abutmen dengan diameter tulangan vertikal adalah 22 mm, dan diameter tulangan horizontal adalah 16 mm. Kekuatan leleh tulangan (f_y) adalah 290 MPa, dan kekuatan tekan beton (f'_c) adalah K-300. Tebal selimut beton adalah 7,5 cm. Berikut ini adalah beban ultimate yang terjadi pada breast wall;

1. Akibat Berat Pilecap
 $W_s = 62130 \text{ kg}$
 $M_s = 71113,54 \text{ kgm}$
2. Akibat Pmax Tiang Pancang
 $W_p = 41522,1 \text{ kg}$
 $M_p = 689766,7 \text{ kgm}$

Didapatkan momen ultimate, $M_u/L = 67020,76 \text{ kgm}$
 $d = 550 \text{ mm} \rightarrow dx = d - 0,5 \varnothing - D = 512,5 \text{ mm}$

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,05$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,038$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 0,0048$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0.85 \cdot f_c}} \right) = 0,001$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka digunakan ρ_{\min}

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot dx = 29689,66 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22-150 ($A_s = 30246,54 \text{ mm}^2$)

Untuk tulangan bagi dipakai $20\% A_s = 5937,93 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D16-400 ($A_s = 6124,79 \text{ mm}^2$)

6.2 Perencanaan Abutment A-2

6.2.1 Data Perencanaan

Perencanaan bangunan bawah (abutment) menggunakan perhitungan pondasi dalam. Perencanaan ini berdasarkan hasil analisa data tanah yang hanya memungkinkan untuk perencanaan pondasi dalam ($D/B > 4$). Data perencanaan yang dibutuhkan adalah:

A. Struktur Atas

Panjang Bentang (L) : 25 m

Lebar Jalan (b) : 12 m

Tebal Plat Lantai Kendaraan (t_c) : 0,2 m

Tebal Lapisan Aspal (t_a) : 0,05 m

B. Struktur Bawah

Lebar Pondasi (B) : 12 m

Tinggi Abutment A-2 (H_2) : 7,40 m

6.2.2 Pembebanan

Hasil perhitungan pembebanan untuk abutment A-2 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6.14 Hasil Perhitungan Kombinasi Pembebanan Abutment A-2

| Kombinasi no. | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|------------------|-----------|--------|---------|---------|----------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| 1 | 2377,58 | 0,00 | 9883,93 | 0,00 | 397,02 |
| 2 | 2393,99 | 0,00 | 9883,93 | 0,00 | 488,90 |
| 3 | 2377,58 | 88,43 | 9883,93 | 641,12 | 397,02 |
| 4 | 2393,99 | 88,43 | 9883,93 | 641,12 | 488,90 |
| 5(x) | 6258,74 | 0,00 | 8774,69 | 0,00 | 17079,07 |
| 5(y) | 2322,12 | 637,96 | 8774,69 | 2028,91 | 4,91 |

6.2.3 Kontrol Stabilitas Guling

Perhitungan stabilitas guling menggunakan SF minimal sebesar 2,2. Letak titik guling berada pada ujung pondasi sehingga lengan momen dari titik O adalah sebesar $B/2 = 3$ m untuk arah x dan $B/2 = 6$ m untuk arah y. Perhitungan kontrol guling menggunakan rumus sebagai berikut:

$$M_{py} = P \cdot B/2 \cdot (1+k), \quad \text{dengan } k = \text{persen kelebihan beban yang diijinkan (\%)}$$

$$SF = M_p/M > 2.2$$

Hasil perhitungan kontrol stabilitas guling arah x dan arah y dapat dilihat pada **Tabel 6.15** dan **Tabel 6.16**.

Tabel 6.15 Stabilitas Guling Arah X untuk Abutment A-1

| Komb. No. | k | P (kN) | My (kNm) | Mpy (kNm) | SF | Keterangan |
|-----------|-----|---------|----------|-----------|----------|------------|
| 1 | 0% | 9883,93 | 397,02 | 29651,795 | 74,68497 | >2,2 (OK) |
| 2 | 25% | 9883,93 | 488,90 | 37064,743 | 75,81254 | >2,2 (OK) |
| 3 | 25% | 9883,93 | 397,02 | 37064,743 | 93,35621 | >2,2 (OK) |
| 4 | 40% | 9883,93 | 488,90 | 41512,512 | 84,91004 | >2,2 (OK) |
| 5(x) | 50% | 8774,69 | 17079,07 | 39486,123 | 2,311959 | >2,2 (OK) |
| 5(y) | 50% | 8774,69 | 4,91 | 39486,123 | 8042,864 | >2,2 (OK) |

Tabel 6.16 Stabilitas Guling Arah Y untuk Abutment A-2

| Komb. No. | k | P (kN) | Mx (kNm) | Mpx (kNm) | SF | Keterangan |
|-----------|------|-----------|----------|-----------|----------|------------|
| 1 | 0 | 9883,9315 | 0,00 | 118607,18 | ∞ | >2,2 (OK) |
| 2 | 0,25 | 9883,9315 | 0,00 | 148258,97 | ∞ | >2,2 (OK) |
| 3 | 0,25 | 9883,9315 | 641,12 | 148258,97 | 231,2517 | >2,2 (OK) |
| 4 | 0,4 | 9883,9315 | 641,12 | 166050,05 | 259,0019 | >2,2 (OK) |
| 5(x) | 0,5 | 8774,694 | 0,00 | 157944,49 | ∞ | >2,2 (OK) |
| 5(y) | 0,5 | 8774,694 | 2028,91 | 157944,49 | 77,84693 | >2,2 (OK) |

6.2.4 Perencanaan Tiang Pancang

Hasil perencanaan tiang pancang untuk abutment A-2 dapat dilihat pada **Tabel 6.17**.

Tabel 6.17 Kedalaman Tiang Pancang untuk Abutment A-2

| Diameter (m) | Kedalaman (m) |
|--------------|---------------|
| 0,4 | 34 |
| 0,5 | 30,5 |
| 0,6 | 32,5 |

Hasil kontrol lateral dan momen maksimum tiang pancang dapat dilihat pada **Tabel 6.18**

Tabel 6.18 Hasil Kontrol Tiang Pancang untuk Abutment A-2

| Diameter Pancang (cm) | Kontrol Lateral | | Kontrol Momen <i>crack</i> | |
|-----------------------|--------------------|------------|----------------------------|------------|
| | Geser Lateral (cm) | Keterangan | Mpmax (ton.m) | Keterangan |
| 40 | 1,58 | OK | 15,64 | OK |
| 50 | 1,48 | OK | 18,91 | OK |
| 60 | 1,58 | OK | 30,56 | OK |

6.2.5 Penentuan Tiang Pancang yang Digunakan

Hasil penentuan tiang pancang yang digunakan ditinjau dari yang paling ekonomis. Dapat dilihat pada **Tabel 6.19**

Tabel 6.19 Kebutuhan Biaya Tiang Pancang untk Abutment A-2

| Diameter (m) | Kedalaman (m) | Jumlah (buah) | Harga (Rp.) |
|--------------|---------------|---------------|-------------------|
| 0,4 | 34 | 50 | Rp 475.000.000,00 |
| 0,5 | 30 | 45 | Rp 537.075.000,00 |
| 0,6 | 32,5 | 32 | Rp 428.800.000,00 |

6.2.6 Penulangan Abutment

Hasil penulangan abutment A-2 dapat dilihat pada **Tabel 6.20**.

Tabel 6.20 Penulangan Abutment A-2

| Bagian. | Tulangan Utama | Tulangan Bagi |
|-------------|----------------|---------------|
| Breast Wall | D25-100 | D22-150 |
| Back Wall | D16-75 | D13-50 |
| Pilecap | D22-150 | D16-400 |

6.3 Perencanaan Pilar

Pilar jembatan sungai Wulan terletak pada bagian sungai, tepatnya pada STA 28+707 dan STA 28+757. Karena pembebanan yang diterima sama (simetris) dan data tanah yang

dignakan pun sama, maka dalam perencanaan ini akan didapatkan satu hasil perhitungan untuk kedua pilar.

Adapun data tanah yang digunakan dalam perencanaan ini masing-masing adalah data tanah BH-3. Untuk lebih lengkapnya, data tanah dapat dilihat pada **Lampiran I**.

6.3.1 Data Perencanaan

Perencanaan bangunan bawah (abutment) menggunakan perhitungan pondasi dalam. Perencanaan ini berdasarkan hasil analisa data tanah yang hanya memungkinkan untuk perencanaan pondasi dalam ($D/B > 4$). Data perencanaan yang dibutuhkan adalah:

A. Struktur Atas

| | |
|---------------------------------------|----------|
| Panjang Bentang 1 (L_1) | : 25 m |
| Panjang Bentang 2 (L_2) | : 50 m |
| Lebar Jalan (b) | : 12 m |
| Tebal Plat Lantai Kendaraan (t_c) | : 0,2 m |
| Tebal Lapisan Aspal (t_a) | : 0,05 m |

B. Struktur Bawah

| | |
|------------------------|----------|
| Lebar Pondasi (B) | : 12 m |
| Tinggi pilar (H_2) | : 7,40 m |

C. Data Sungai

| | |
|--------------|-----------------------|
| Debit Sungai | : 2 m ³ /s |
|--------------|-----------------------|

6.3.2 Analisa Scouring

Perhitungan scouring dilakukan untuk dapat mengetahui dimensi tinggi taksiran pilar. Hasil perhitungan *scouring* adalah sebagai berikut.

$$d = 0,473 \times \left(\frac{Q}{f} \right)^{0,333}$$

Dimana :

$$Q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$f = 0,75 \sqrt{\phi} \text{ (Lacey)}$$

maka , $d = 0,76$

$$d_{\max} = 0,76 \times y = 0,76 \times 1,57 = 1,195 \text{ m} \approx 1,2 \text{ m}$$

6.3.3 Pembebanan

Perencanaan pembebanan berdasarkan pada RSNI T-02-2005 (Standar Pembebanan untuk Jembatan). Berikut ini adalah hasil perhitungan yang telah dilakukan.

a. Berat Sendiri Struktur Atas

Beban akibat berat struktur atas diakibatkan oleh berat girder yang digunakan, plat beton, dan balok diafragma. Hasil perhitungan pembebanan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6.21 Beban Sendiri Struktur Atas (I-160)

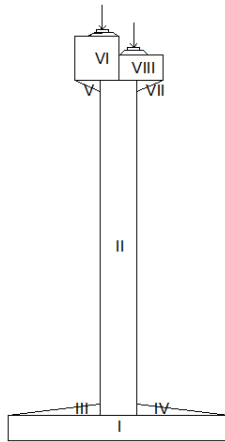
| Beban | Parameter Volume | | | | Berat | Satuan | Berat (kN) |
|-----------------------------|------------------|-------|-------|---|-------|-------------------|------------|
| | B (m) | t (m) | L (m) | n | | | |
| Plat Beton | 12 | 0,20 | 12,5 | 1 | 24,00 | kN/m ³ | 720 |
| Balok Memanjang | | | 12,5 | 7 | 357 | kN/m | 1249,5 |
| Balok melintang (diafragma) | | | | 6 | 9,02 | kN | 54,4 |
| P _{ms} = | | | | | | | 1995,9 |

Tabel 6.22 Beban Sendiri Struktur Atas (I-210)

| Beban | Parameter Volume | | | | Berat | Satuan | Berat (kN) |
|-----------------------------|------------------|-------|-------|---|-------|-------------------|------------|
| | B (m) | t (m) | L (m) | n | | | |
| Plat Beton | 12 | 0,20 | 25 | 1 | 24,00 | kN/m ³ | 1440 |
| Balok Memanjang | | | 25 | 9 | 756 | kN/m | 3402 |
| Balok melintang (diafragma) | | | | 8 | 9,02 | kN | 70,27 |
| P _{ms} = | | | | | | | 4912,3 |

b. Berat Sendiri Struktur Bawah

Beban struktur bawah diakibatkan oleh berat sendiri pilar. Hasil desain struktur bawah dan perhitungan pembebanan yang didapatkan dapat dilihat pada **Gambar 6.** dan **Tabel 5.2.**



Gambar 6.3 Desain Beban Sendiri Pilar

Berat Beton, $\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$
 Berat Tanah, $\gamma_t = 18,5 \text{ kN/m}^3$
 Lebar Abutment, $B = 12 \text{ m}$
 Tebal Wingwall, $b_w = 2 \times 0,4 \text{ m}$

Tabel 6.23. Perhitungan Beban Sendiri Abutmen

| Kode | Lebar (m) | Tinggi (m) | shape | Berat (kg) | Lengan (m) | Momen (kNm) |
|-------|--------------|---------------|-------|---------------|---------------|----------------|
| Pilar | | | | | | |
| I | 6,0 | 0,7 | 1 | 120960 | 0,00 | 0,00 |
| II | 1 | 9,1 | 1 | 262080 | 0,00 | 0,00 |
| III | 2,5 | 0,3 | 0,5 | 10800 | 1,33 | -144,00 |
| IV | 2,5 | 0,3 | 0,5 | 10800 | 1,33 | 144,00 |
| V | 0,7 | 0,3 | 0,5 | 3024 | 0,73 | -22,18 |
| VI | 1,2 | 1,2 | 1 | 41472 | 0,60 | -248,83 |
| VII | 0,7 | 0,3 | 0,5 | 3024 | 0,73 | 22,18 |
| VII | 1,2 | 0,7 | 1 | 24192 | 0,60 | 145,15 |

c. Beban Lajur”D”

Beban kendaraan terdiri dari beban terbagi rata (BTR) dan beban garits terpusat (BGT). BGT memiliki intensitas q (Kpa) yang besarnya bergantung pada panjang total L yang dinyatakan dalam rumus berikut:

$$q = 9.0 \text{ kPa} \quad \text{untuk } L \leq 30 \text{ m}$$

$$q = 9.0 (0.5 + 15/L) \quad \text{untuk } L > 30 \text{ m}$$

Untuk jembatan kelas III, beban yang digunakan adalah sebesar 70% dari beban yang didapatkan. Besarnya beban pada abutmen akibat beban BTR.

$$P_{BTR} = 0.7 \times 0.5 \times q \times (5.5 + b) \times L / 2$$

$$P_{BTR} = 0.7 \times 0.5 \times 7.2 \times (5.5 + 12) \times 50 / 2$$

$$P_{BTR} = 1378,125 \text{ kN}$$

Untuk perhingan beban garis terpusat digunakan intensitas sebesar 49 kN/m dengan faktor beban dinamis (DLA) sebesar 0,4. Besarnya BGT dapat dilihat pada perhitungan berikut.

$$P_{BGT} = 0.7 \times 0.5 \times P \times (1+DLA) \times (5.5 + 12)$$

$$P_{BGT} = 0.7 \times 0.5 \times 49 \times (1+0.4) \times (5.5 + 12)$$

$$P_{BGT} = 420,175 \text{ kN}$$

Maka besarnya beban lajut D pada abutment adalah sebesar:

$$P_{LD} = P_{BTR} + P_{BGT} = 689,0625 + 420,1750 = 1798,3 \text{ kN}$$

d. Gaya Rem

Gaya rem dihitung sebesar 5% dari beban D yang telah dihitung, maka didapatkan :

$$\text{Gaya horizontal rem,} \quad : 89,92 \text{ kN}$$

$$\text{Lengan terhadap titik O} \quad : 11,2 \text{ m}$$

$$\text{Momen akibat gaya rem} \quad : 1007,05 \text{ kNm}$$

e. Beban Angin

Perhitungan beban angin mengacu pada RSNI T-02-2005 ps. 7.6, yaitu pada dua kondisi yaitu:

1. Gaya angin yang meniup bidang jembatan

$$T_{ew1} = 0.0006 \cdot C_w \cdot V_w^2 \cdot A_b$$

$$T_{ew1} = 0.0006 \cdot 1.25 \cdot 35^2 \cdot 92,5$$

$$T_{ew1} = 84,98 \text{ kN}$$

2. Gaya angin yang meniup kendaraan

$$T_{ew2} = 0.0012 \cdot C_w \cdot V_w^2 \cdot L / 2$$

$$T_{ew2} = 0.0012 \cdot 1.25 \cdot 35^2 \cdot 50 / 2$$

$$T_{ew2} = 45,94 \text{ kN}$$

Besarnya gaya angin pada abutmen:

$$T_{ew} = T_{ew1} + T_{ew2} = 130,92 \text{ kN}$$

$$M_{ew} = T_{ew1} \cdot y_1 + T_{ew2} \cdot y_2 = 949,18 \text{ kN}$$

f. Beban Temperatur

Perhitungan beban temperatur yang mengacu pada peraturan harus mengambil perbedaan temperatur maksimum dan minimum yang dapat diketahui dari tabel 20 RSNI T-02-2005. Berikut ini adalah perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan beban temperatur.

Temperatur maksimum rata-rata, $T_{max} : 40^\circ\text{C}$

Temperatur minimum rata-rata, $T_{min} : 15^\circ\text{C}$

Perbedaan Temperatur

$$\Delta T = (T_{max} - T_{min})/2$$

$$\Delta T = (40 - 15)/2$$

$$\Delta T = 12.5^\circ\text{C}$$

Koefisien perpanjangan (beton), $\alpha : 1.0 \times 10^{-5}$

Panjang girder $L : 25 \text{ meter}$

Jumlah tumpuan elastomer $n : 9 \text{ buah}$

Gaya pada abutmen akibat pengaruh temperature.

$$T_{ET} = \alpha \cdot \Delta T \cdot k \cdot L/2 \cdot n$$

$$T_{ET} = 1.0 \times 10^{-5} \times 25 \times 1500 \times 25/2 \times 7$$

$$T_{ET} = 21,09 \text{ kN}$$

Lengan terhadap titik O = 9,80 m

Momen pada fondasi,

$$M_{ET} = T_{ET} \cdot y_o = 21,09 \times 9,80 = 206,72 \text{ kNm}$$

g. Beban Gempa

Pehitungan beban gempa dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$T_{EQ} = K_h \cdot W_t$$

dimana,

- K_h = C / R , koefisien beban gempa horisontal
- T_{eq} = Gaya geser dasar total arah yang ditinjau
- W_t = $P_{ms} + P_{ma}$, berat total jembatan
- C = koefisien respons gempa
- R = faktor modifikasi respons

Periode getar struktur dihitung menggunakan rumus:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{W_{TP}}{g \cdot K_p}}$$

dimana,

- g = 9.8 m/det^2 , percepatan grafitasi
- K_p = kekakuan struktur terhadap gaya horizontal
- W_{TP} = $P_{ms} \text{ (str atas)} + \frac{1}{2} P_{ms} \text{ (str bawah)}$

Beban Gempa Arah Memanjang Jembatan

o Dimensi Breast Wall

Tinggi, L_b = 9,1 m

lebar, b = 12 m

tebal, h = 1 m

o Inersia Penampang Breast Wall, I_c

$$I_c = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1,00 \text{ m}^4$$

- Nilai Kekakuan, K_p

$$K_p = \frac{3 \cdot E_c \cdot I_c}{L_b^3} = 132041,24 \text{ kN/m}$$

- Berat Mati Total Struktur, W_{tp}

$$W_{TP} = P_{ms \text{ (str atas)}} + \frac{1}{2} P_{ms \text{ (str bawah)}}$$

$$W_{TP} = 4405,69 \text{ kN}$$

- Waktu Getar Alami Struktur, T

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{W_{TP}}{g \cdot K_p}} = 0.366 \text{ det}$$

- Koefisien Beban Gempa Horisontal, K_h

Berdasarkan pada peta respons spektra SNI 2833-2013 didapatkan besarnya S_s , S_1 , PGA , F_{PGA} , F_a , dan F_1 untuk tanah sedang kota Cirebon adalah.

$$S_s = 0,7 \text{ g} \quad F_a = 0,9$$

$$S_1 = 0,25 \text{ g} \quad F_v = 3$$

$$PGA = 0,1 \text{ g} \quad F_{PGA} = 0,9$$

$$S_{DS} = S_s \cdot F_a = 0,63$$

$$S_{D1} = S_1 \cdot F_v = 0,75$$

$$A_s = PGA \cdot F_{PGA} = 0,09$$

Periode Spekttrum Respons Gempa

$$T_s = S_{D1}/S_{DS} = 1,19 \text{ dtk}$$

$$T_0 = 0.2 \text{ } T_s = 0,24$$

Untuk T kurang dari T_0 besarnya koefisien respons gempa, C

$$C = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s = 0,6$$

Faktor Modifikasi Respons, $R = 1,5$

(Pilar tipe dinding, jembatan penting)

Koefisien gempa horizontal, K_h

$$K_h = C / R = 0,308 / 1,5 = 0,399$$

- o Gaya Gempa, T_{EQ}
 Gaya gempa rencana, T_{EQ} ,
 $T_{EQ} = K_h W_t$
 $T_{EQ} = 0,399 W_t$

Tabel 6.24 Perhitungan Beban Gempa Arah Memanjang

| Kode | Berat (kN) | T_{eq} (kN) | Lengan (m) | Momen (kNm) |
|---------------|------------|---------------|------------|-------------|
| Bangunan Atas | | | | |
| Pms1 | 2023,932 | 806,71 | 11 | 8873,831 |
| Pms2 | 4912,272 | 1957,97 | 10,5 | 20558,634 |
| Pilar | | | | |
| 1 | 1209,6 | 482,13 | 0,35 | 168,746 |
| 2 | 2620,8 | 1044,62 | 5,25 | 5484,231 |
| 3 | 108 | 43,05 | 0,8 | 34,438 |
| 4 | 108 | 43,05 | 0,8 | 34,438 |
| 5 | 30,24 | 12,05 | 9,62 | 115,912 |
| 6 | 414,72 | 165,30 | 10,45 | 1727,404 |
| 7 | 30,24 | 12,05 | 9,62 | 115,912 |
| 8 | 241,92 | 96,43 | 10,2 | 983,546 |

Beban Gempa Arah Melintang Jembatan

Untuk perhitungan beban gempa arah melintang jembatan, dengan menggunakan cara perhitungan yang sama, didapatkan hasil:

$$T_{EQ} = 0,088 W_t$$

$$T_{EQ} = 1032,10 \text{ kN}$$

$$M_{EQ} = 4507,76 \text{ kNm}$$

h. Kombinasi Beban Kerja

Beban-beban yang telah didapatkan diatas selanjutnya perlu dikombinasikan untuk menghasilkan nilai-nilai beban yang

sesuai dengan kondisi kenyataan. Sementara itu, kombinasi beban-beban itu sendiri dapat dilihat pada **Tabel 6.5**.

Perincian masing-masing hasil kombinasi dapat dilihat pada **Lampiran V**. Hasil perhitungan kombinasi pembebanan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6.25 Hasil Perhitungan Kombinasi Pembebanan Abutment A-1

| Kombinasi no. | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|---------------|-----------|---------|----------|---------|----------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| 1 | 118,27 | 0,00 | 13498,02 | 0,00 | 2844,88 |
| 2 | 139,36 | 0,00 | 13498,02 | 0,00 | 3051,60 |
| 3 | 118,27 | 130,92 | 13498,02 | 949,18 | 2844,88 |
| 4 | 139,36 | 130,92 | 13498,02 | 949,18 | 3051,60 |
| 5(x) | 4663,35 | 0,00 | 11699,72 | 0,00 | 21340,37 |
| 5(y) | 0,00 | 1032,10 | 11699,72 | 4503,76 | 990,94 |

6.3.4 Kontrol Stabilitas Guling

Perhitungan stabilitas guling menggunakan SF minimal sebesar 2,2. Letak titik guling berada pada ujung pondasi sehingga lengan momen dari titik O adalah sebesar $B/2 = 3$ m untuk arah x dan $B/2 = 6$ m untuk arah y. Perhitungan kontrol guling menggunakan rumus sebagai berikut:

$$M_{py} = P \cdot B/2 \cdot (1+k), \quad \text{dengan } k = \text{persen kelebihan beban yang diijinkan (\%)}$$

$$SF = M_p/M > 2.2$$

Hasil perhitungan kontrol stabilitas guling arah x dan arah y dapat dilihat pada **Tabel 6.26** dan **Tabel 6.27**.

Tabel 6.26 Stabilitas Guling Arah X

| Kombinasi | k | P (kN) | M _y (kNm) | M _{py} (kNm) | SF | Keterangan |
|-----------------|-----|-----------|-------------------------|--------------------------|----------|--------------|
| Kombinasi 1 | 0% | 13498,02 | 2844,88 | 40494,07 | 14,23401 | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 2 | 25% | 13498,02 | 3051,60 | 50617,59 | 16,58723 | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 3 | 25% | 13498,02 | 2844,88 | 50617,59 | 17,79252 | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 4 | 40% | 13498,02 | 3051,60 | 56691,7 | 18,5777 | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 5 (x) | 50% | 11699,72 | 21340,37 | 52648,76 | 2,467097 | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 5 (y) | 50% | 11699,72 | 990,94 | 52648,76 | 53,13022 | >2,2 (OK) |

Tabel 6.27 Stabilitas Guling Arah Y

| Kombinasi | k | P (kN) | M _x (kNm) | M _{px} (kNm) | SF | Keterangan |
|-----------------|-----|-----------|-------------------------|--------------------------|----------|------------|
| Kombinasi 1 | 0% | 13498,024 | 0,00 | 161976,3 | ∞ | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 2 | 25% | 13498,024 | 0,00 | 202470,4 | ∞ | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 3 | 25% | 13498,024 | 949,18 | 202470,4 | 213,31 | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 4 | 40% | 13498,024 | 949,18 | 226766,8 | 238,9072 | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 5 (x) | 50% | 11699,724 | 0,00 | 210595 | ∞ | >2,2 (OK) |
| Kombinasi 5 (y) | 50% | 11699,724 | 4503,76 | 210595 | 46,75988 | >2,2 (OK) |

6.3.5 Perencanaan Tiang Pancang

Setelah menghitung kombinasi pembebanan, tahap selanjutnya ialah merencanakan tiang pancang yang tepat dari segi jumlah maupun ukuran. Dalam perencanaan tiang pancang ini menggunakan tiang pancang berbentuk lingkaran berongga dengan diameter luar masing-masing sebesar 40, 50, dan 60 cm. Spesifikasi bahan dapat dilihat pada **Lampiran I**.

a. Menentukan Kombinasi Tiang

Penentuan jumlah dan jarak antar tiang dibatasi oleh ketentuan berikut;

- Jarak tiang terluar keujung *pilecap* sebesar d
- Jarak antar tiang minimal $2,5d \leq 3d$

Hasil perhitungan kombinasi tiang beserta jarak antar tiang sepanjang sumbu-x dan sumbu-y dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6.28 Hasil Perhitungan Kombinasi Tiang Pancang D40, D50, D60 pada Pilar

| DIAMETER (m) | Jarak Pancang ke Tepi | Kebutuhan dalam b | Kebutuhan dalam l | TOTAL | Jarak (m) | |
|-----------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|-------|-----------|-----|
| | | | | | b | l |
| 0,6 | 0,6 | 4 | 8 | 32 | 1,6 | 1,5 |
| 0,5 | 0,5 | 5 | 9 | 45 | 1,3 | 1,4 |
| 0,4 | 0,4 | 5 | 10 | 50 | 1,3 | 1,2 |

Sketsa pemasangan pile berdasarkan tabel diatas dapat dilihat pada **Lampiran IV**.

b. Mencari Pmax Tiang

Setelah menemukan kombinasi tiang pancang untuk tiap-tiap diameter tiang yang direncanakan, barulah dapat dihitung kuat maksimum (P_{\max}) untuk satu tiang pancang. Hasil perhitungan P_{\max} tiang pancang untuk diameter 40,50,60 cm. Persamaan yang digunakan adalah;

$$P_{\max} = \frac{\sum V}{n} + \frac{My \cdot x_1}{\sum xi^2} + \frac{Mx \cdot y_1}{\sum yi^2}$$

dimana: x_1/y_1 = jarak terjauh *pile* sepanjang sumbu. x/y
 $\sum xi^2 / \sum yi^2$ = jarak *pile* dikalikan jumlah pada jarak tersebut

Maka didapatkan hasil perhitungan untuk Pmax untuk satu tiang pada tiap-tiap ukuran tiang pancang yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6.29 Hasil perhitungan Pmax Tiang Pancang pada Pilar

| Kombinasi | P maksimum (ton) | | |
|-----------|------------------|--------|--------|
| | D40 | D50 | D60 |
| I | 30,811 | 34,281 | 51,072 |
| II | 24,871 | 27,674 | 41,374 |
| III | 25,800 | 28,161 | 42,498 |
| IV | 23,233 | 25,366 | 38,406 |
| V(x) | 34,680 | 38,763 | 68,834 |
| V(y) | 21,035 | 21,240 | 32,926 |

c. Kontrol Daya Dukung Tiang

Perhitungan daya dukung tanah menggunakan metode Meyerhoff dan Bazarra menghasilkan grafik hubungan antar kedalaman tiang dan daya dukung tanah yang dapat dilihat pada **Lampiran V**. Melalui grafik tersebut dapat ditentukan kedalaman tiang pancang dengan syarat: $P_{\max} < (P_{ijin} \times Ef)$ dimana:

Ef = efisiensi tiang berdasarkan rumusan Seiler-Keeney

$$Ef = \left[1 - \frac{36S}{(75S^2 - 7)} \times \left(\frac{m + n - 2}{m + n - 1} \right) \right] + \frac{0,3}{m + n}$$

dimana: S = jarak antar tiang
 m = jumlah baris tiang
 n = jumlah kolom tiang

Hasil perhitungan kontrol daya dukung tiang pancang beserta kedalaman yang dibutuhkan untuk tiap-tiap ukuran tiang pancang pada masing-abutment dapat dilihat pada **Tabel 6.21** .

Tabel 6.30 Hasil Perhitungan Kedalaman Tiang Pancang Rencana untuk Pilar

| Diameter (m) | Kedalaman (m) |
|--------------|---------------|
| 0,4 | 30 |
| 0,5 | 28,5 |
| 0,6 | 40,5 |

d. Kontrol Tiang Pancang

Kontrol tiang berfungsi untuk memastikan tiang pancang yang sdah direncanakan tidak mengalami geser lateral dan tidak mengalami *crack* akibat momen. Tahapan yang dilakukan dalam proses kontrol tiang pancang dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini. Perhitungan berikut merupakan kontrol lateral untuk diameter 60 cm.

- o Mencari Harga f

Harga f didapatkan melalu grafik dari NAVFAC DM-7 yang sebelumnya telah tercantum pada **Gambar 2.10**. Sebelmnya, perlu ditemukan nilai geser undrained (C_u).

$$N_{SPT} = 1 \rightarrow C_u = 0,5 \text{ KPa (Korelasi } N_{SPT})$$

$$Q = 2 \times C_u = 1 \text{ KPa} = 0,01 \text{ kg/cm}^2 = 0,0102 \text{ ton/ft}^2$$

$$\text{dari grafik NAVFAC didapatkan nilai } f = 3 \text{ ton/ft}^2$$

$$f = 3 \times 0,032 = 0,096 \text{ kg/cm}^3$$

- o Mencari Nilai T

$$T = (EI/f)$$

$$E = 4700 \times \sqrt{fc} = 332340,19 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 510508,2 \text{ cm}^4$$

$$\text{Maka, } T = 281,5 \text{ cm} = 2,815 \text{ m}$$

- o Mencari F_δ dan F_M

Untuk mencari nilai F_δ dan F_M juga digunakan kurva NAVFAC ang sebelumnya telah tercantum pada **Gambar 2.11**. Namun sebelumnya harus ditentukan nilai L/T dan nilai z ditetapkan pada kedalaman 0 m ($z = 0$). Dimana L = panjang tiang pancang ang digunakan.

$$L/T = 36,5/2,815 = 13$$

dari kurva NAVFAC didapatkan;

$$F_{\delta} = 0,95 \text{ dan } F_M = 0,86$$

- o Perhitungan Geser Lateral

Geser lateral dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\delta = F_{\delta} \left(\frac{PT^3}{EI} \right)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} P &= H_{\max}/n \\ H_{\max} &= \text{gaya horizontal maksimum} \\ n &= \text{jumlah tiang pancang} \\ \delta &\leq 1 \text{ inch (2,54 cm)} \end{aligned}$$

Didapatkan $\delta = 1,2 \text{ cm} < 2,54 \text{ cm}$

Maka tiang pancang rencana aman dari geser lateral

- o Perhitungan Momen Maksimum

Geser lateral dihitung dengan menggunakan persamaan

$$M_{p\max} = F_m \cdot P \cdot T$$

Dimana :

$$\begin{aligned} P &= H_{\max}/n \\ H_{\max} &= \text{gaya horizontal maksimum} \\ n &= \text{jumlah tiang pancang} \\ M_{p\max} &< \text{Momen } crack \text{ bahan} \end{aligned}$$

Didapatkan $M_{p\max} = 23,52 \text{ ton.m} < M_{crack}$

Maka tiang pancang rencana aman dari retak akibat momen

Hasil kontrol ntuk diameter lainnya pada abutment A-1 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6.31 Hasil Perhitungan Kontrol Tiang Pancang Rencana pada Abutment A-1

| Diameter Pancang (cm) | Kontrol Lateral | | Kontrol Momen <i>crack</i> | |
|-----------------------|--------------------|------------|----------------------------|------------|
| | Geser Lateral (cm) | Keterangan | Mpmax (ton.m) | Keterangan |
| 40 | 1,2 | OK | 12,03 | OK |
| 50 | 1,1 | OK | 14,56 | OK |
| 60 | 1,2 | OK | 30,56 | OK |

6.3.6 Penentuan Tiang Pancang yang Digunakan

Dengan menggunakan brosur harga tiang pancang pada **Lampiran I** dan berdasarkan jumlah perkuatan yang digunakan seperti pada **Sub-Bab 6.1.4**, maka didapat hasil biaya yang dibutuhkan untuk masing-masing diameter tiang, yang ditampilkan pada **Tabel 6.26**.

Tabel 6.32 Harga Masing-Masing Tiang Pancang yang Dipakai

| Diameter (m) | Kedalaman (m) | Jumlah (buah) | Harga (Rp.) |
|-----------------|------------------|------------------|-------------------|
| 0,4 | 30 | 50 | Rp 570.000.000,00 |
| 0,5 | 28,5 | 45 | Rp 495.000.000,00 |
| 0,6 | 40,5 | 32 | Rp 536.000.000,00 |

Penentuan tiang pancang yang dipakai ditentukan berdasarkan biaya yang paling ekonomis. Oleh karena itu, untuk abutment A-1 digunakan tiang pancang dengan diameter 0,6 cm.

6.3.7 Perhitungan Penulangan Pilar

• *Breast Wall*

Direncanakan dimensi pilar dengan diameter tulangan vertikal adalah 22 mm, dan diameter tulangan horizontal adalah 13 mm. Kekuatan leleh tulangan (f_y) adalah 290 MPa, dan kekuatan tekan beton (f'_c) adalah K-300. Tebal selimut beton adalah 7,5 cm. Berikut ini adalah beban ultimate yang terjadi pada breast wall;

1. Beban Gempa
 $H = 2052,79 \text{ kN}$
 $M = 12833,03 \text{ kNm}$

Didapatkan momen ultimate, $M_u = 12833,45 \text{ kNm}$
 $d = 925 \text{ mm} \rightarrow dx = d - 0,5 \varnothing - D = 890,5 \text{ mm}$

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,05$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,038$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 0,0048$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c}} \right) = 0,0058$$

$\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$ maka digunakan ρ_{perlu}

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d_x = 63514,26 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22-70 ($A_s = 63862,3 \text{ mm}^2$)

Untuk tulangan bagi dipakai 20% $A_s = 12702,85 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D13-90 ($A_s = 13273,23 \text{ mm}^2$)

• *Pilecap*

Direncanakan dimensi abutmen dengan diameter tulangan vertikal adalah 22 mm, dan diameter tulangan horizontal adalah 13 mm. Kekuatan leleh tulangan (f_y) adalah 290 MPa, dan kekuatan tekan beton (f'_c) adalah K-300. Tebal selimut beton adalah 7,5 cm. Berikut ini adalah beban ultimate yang terjadi pada breast wall;

1. Akibat Berat Pilecap

$$W_s = 61200 \text{ kg}$$

$$M_s = 72000 \text{ kgm}$$

2. Akibat Pmax Tiang Pancang

$$W_p = 348862,7 \text{ kg}$$

$$M_p = 697725,5 \text{ kgm}$$

Didapatkan momen ultimate, $M_u/L = 67786,92 \text{ kgm}$

$$d = 550 \text{ mm} \rightarrow d_x = d - 0,5 \text{ } \emptyset - D = 612,5 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,05$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,038$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 0,0048$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0.85 \cdot f_c}} \right) = 0,001$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka digunakan ρ_{\min}

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d_x = 35482,76 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22-120 ($A_s = 37598,21 \text{ mm}^2$)

Untuk tulangan bagi dipakai 20% $A_s = 7096,55 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D13-220 ($A_s = 7243,91 \text{ mm}^2$)

BAB VII PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN

Perencanaan geometrik yang dimaksud adalah perencanaan geometrik horizontal dan vertikal pada STA 28+513.

7.1 Perencanaan Alinyemen Horizontal

Direncanakan sebuah alinemen horisontal, jika diketahui :

- Kecepatan rencana, $V_d = 70 \text{ km/jam}$
- Jari-jari tikungan, $R = 157 \text{ m}$
- Sudut tikungan, $\Delta = 26^\circ$
- Superelevasi normal, $e_n = 2\%$
- Superelevasi maksimum, $e_{maks} = 10\%$
- Lebar jalan = 25 meter untuk dua arah
- Jalan luar kota
sehingga:

Dari Tabel 2.16 (Bina Marga jalan luar kota), didapat :

$$L_s = 60 \text{ m}$$

$$e = 0.10$$

$$> \theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R}$$

$$\theta_s = \frac{90 * 60}{\pi * 157} = 12,08 \text{derajat}$$

$$> L_c = \frac{(\Delta - 2 \theta_s) * \pi R}{180}$$

$$L_c = \frac{(26 - 2 * 12,08) * \pi * 157}{180} = 5,027 \text{ meter}$$

karena $e=10\%$ lebih besar dari 3% dan $L_c=5,027$ lebih kecil dari 25 meter, maka disarankan menggunakan lengkung **spiral – Spiral**. Sehingga perhitungan parameter lengkung seperti yang disajikan dibawah ini.

$$> \theta_s = \frac{1}{2} \Delta$$

$$\theta_s = \frac{1}{2} 26 = 13^\circ$$

$$> \theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R} \quad \rightarrow \quad L_s = \frac{\pi R \theta_s}{90}$$

$$L_s = \frac{\pi * 157 * 13}{90} = 71,0274 \text{ meter} \rightarrow \text{cek terhadap :}$$

Cara 1, berdasarkan waktu tempuh di lengkung peralihan

$$L_s = \frac{Vd * t}{3.6} \quad ; t = 3 \text{ detik}$$

$$L_s = \frac{70 * 3}{3.6} = 58,3 \text{ meter}$$

Cara 2, berdasarkan landai relatif

$$L_{s \text{ minimum}} = (e + e_n) * B * m_{maks}$$

$m_{maks} = 157 \text{ m}$ untuk kecepatan 70 km/jam (Tabel 2.16)

$$L_{s \text{ minimum}} = (0.1 + 0.02) * 4 * 137,5 = 66 \text{ meter}$$

Cara 3, berdasarkan rumus Modifikasi Shortt

$$L_s = 0.022 \frac{V^3}{R C} - 2.727 \frac{V e}{C}$$

$$L_s = 0.022 \frac{70^3}{157 * 0.4} - 2.727 \frac{70 * 0.1}{0.4} = 56,9 \text{ meter}$$

Cara 4, berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(e_{maks} - e_n) Vd}{3.6 * r_e}$$

$$e_{maks} = 10\%$$

$$r_e = 0.035 \text{ m/m/detik untuk } Vd \leq 70 \text{ km/jam}$$

$$L_s = \frac{(0.10 - 0.02) * 70}{3.6 * 0.035} = 44,44 \text{ meter}$$

Jadi, dari ke empat cara tersebut maka panjang lengkung peralihan L_s rencana adalah 66 meter.

$$> p = \frac{L_s^2}{6 R} - R (1 - \cos \theta_s)$$

$$p = \frac{66^2}{6 * 157} - 157 * (1 - \cos 13) = 0,6267 \text{ meter}$$

$$> k = L_s - \frac{L_s^3}{40 R^2} - R * \sin \theta_s$$

$$k = 66 - \frac{66^3}{40 * 157^2} - 157 * \sin 10 = 30,5 \text{ meter}$$

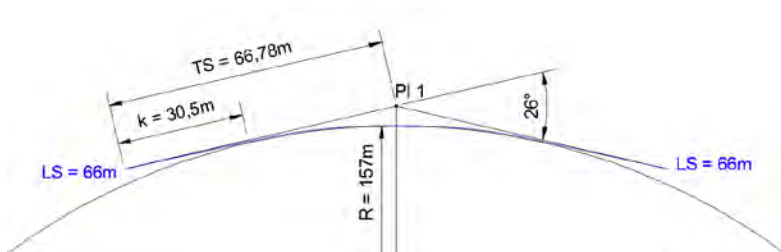
$$> Ts = (R + p) * tg \left(\frac{1}{2} \Delta \right) + k$$

$$Ts = (157 + 0,627) * tg \left(\frac{1}{2} * 26 \right) + 30,5 = 66,77 \text{ meter}$$

$$> E = \frac{(R + p)}{\cos \left(\frac{1}{2} \Delta \right)} - R$$

$$E = \frac{157 + 0,6267}{\cos \left(\frac{1}{2} * 26 \right)} - 157 = 4.76 \text{ meter}$$

Gambar hasil perhitungan ditampilkan pada **Gambar 7.1**.



Gambar 7.1 Hasil Alinyemen Horizontal STA 28+513

7.2 Perencanaan Alinyemen Vertikal

Direncanakan sebuah alinemen horisontal, jika diketahui :

- kecepatan rencana, $V_d = 70 \text{ km/jam}$
- gradien jalan (g_1) $= 0\%$
- gradien oprit (g_2) $= 3,5\%$
- perbedaan aljabar kelandaian (A) $= 0\% - 3,5\%$
 $= -3,5\%$ (lengkung vertikal)
- jarak penyinaran (S) $= 37,2 \text{ m}$

sehingga:

a. Berdasarkan Jarak Penyinaran Lampu Depan ($S < L$)

$$L_v = \frac{AS^2}{120 + 3.50S}$$

$$L_v = \frac{3,5 \times 37,2^2}{120 + 3.50(37,2)}$$

$$L_v = 19,36 \text{ m}$$

b. Berdasarkan Jarak Penyinaran Lampu Depan ($S < L$)

$$L_v = 2S - \frac{120 + 3.5S}{A}$$

$$L_v = 2 \times 37,2 - \frac{120 + 3,5(37,2)}{(3,5)}$$

$$L_v = 2,914 \text{ m}$$

c. Berdasarkan Syarat Drainase

$$L_v = 40 \times A$$

$$L_v = 40 \times 3,5$$

$$L_v = 140 \text{ m}$$

d. Berdasarkan Bentuk Visual

$$L_v = \frac{AV^2}{380}$$

$$L_v = \frac{3,5 \times 120^2}{380}$$

$$L_v = 45,1316 \text{ m}$$

Dari keempat syarat tersebut, maka diambil L_v terbesar yaitu $L_v = 45,1316 \text{ m}$ (dengan L_v maksimal drainase = 140m). Kemudian, dimasukkan ke persamaan umum lengkung vertikal,

$$y = \frac{A}{200L} X^2 .$$

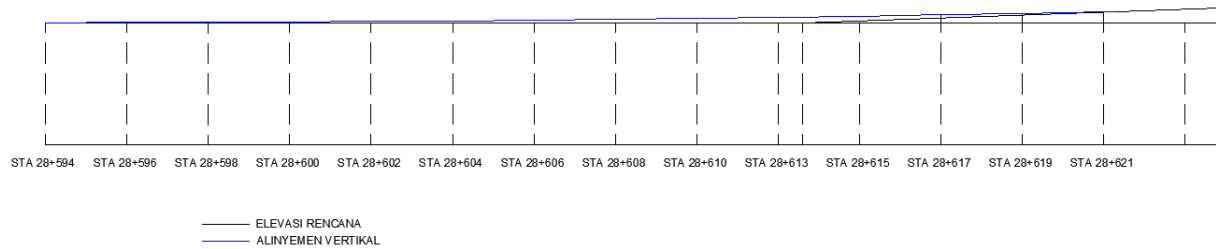
Maka:

$$y = \frac{3,5}{200(45,1316)} X^2$$

Sehingga didapat nilai y dari masing-masing x yang ditampilkan pada **Tabel 7.1** dan **Gambar 7.2**

Tabel 7.1 Hasil Persamaan Umum Lengkung Vertikal pada STA
28+513

| x | y |
|----------|----------|
| 0 | 3 |
| 2 | 3.001551 |
| 4 | 3.006204 |
| 6 | 3.013959 |
| 8 | 3.024816 |
| 10 | 3.038776 |
| 12 | 3.055837 |
| 14 | 3.076 |
| 16 | 3.099265 |
| 18 | 3.125633 |
| 20 | 3.155102 |
| 22 | 3.187673 |
| 24 | 3.223347 |
| 26 | 3.262122 |
| 28 | 3.304 |
| 30 | 3.34898 |
| 32 | 3.397061 |
| 34 | 3.448245 |
| 36 | 3.502531 |
| 37.2 | 3.536591 |
| 38 | 3.559918 |



Gambar 7.2 Hasil Alinyemen Vertikal STA 28+513

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 1*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 2*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Mochtar, Noor Endah. 2012. *Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
- Wahyudi, Herman. 1999. *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya: ITS Press.
- Naval Facilities. 1971. *Design Manual: Foundations, and Earth Structures (NACFAC DM-7)*. Alexandria: US Department of the Navy.
- Teknik Sipil ITS. 2012. *Modul Rekayasa Jalan Raya (PS-1364)*. Surabaya: Teknik Sipil ITS.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VIII

PENUTUP

8.1 KESIMPULAN

Berdasarkan keseluruhan hasil perencanaan yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya sebagai berikut :

1. Untuk sisi sebelum sungai, H_{inisial} yang terjadi akibat beban yang bekerja di atas tanah dasar masing-masing adalah sebagai berikut:

- timbunan jalan : 4,92 meter
- timbunan oprit trapesium : 6,93 meter
- timbunan tegak : 7,54 meter

Untuk sisi setelah sungai, H_{inisial} yang terjadi akibat beban yang bekerja di atas tanah dasar masing-masing adalah sebagai berikut:

- timbunan jalan : 4,8 meter
- timbunan oprit trapesium : 6,94 meter
- timbunan tegak : 7,66 meter

2. Untuk sisi sebelum sungai, besar pemampatan yang terjadi akibat beban yang bekerja di atas tanah dasar masing-masing adalah sebagai berikut:

- timbunan jalan : 1,15 meter
- timbunan oprit trapesium : 1,7 meter
- timbunan tegak : 1,8 meter

Untuk sisi setelah sungai, besar pemampatan yang terjadi akibat beban yang bekerja di atas tanah dasar masing-masing adalah sebagai berikut:

- timbunan jalan : 1 meter
- timbunan oprit trapesium : 1,6 meter
- timbunan tegak : 1,77 meter

3. Hasil perencanaan perkuatan timbunan jalan dan oprit trapesium sisi sebelum sungai dengan menggunakan *geotextile*, adalah sebagai berikut:

- Timbunan jalan
 jarak antar layer : 30 cm
 Panjang total per meter : 404 meter
 Total biaya : Rp 436.292.730,00
- Timbunan oprit trapesium
 Jarak antar layer : 30 cm
 Panjang total : 67.728 meter
 Total biaya : Rp 747.415.684,00

Sedangkan hasil perencanaan perkuatan timbunan jalan dan oprit trapesium sisi setelah sungai dengan menggunakan *geotextile*, adalah sebagai berikut:

- Timbunan jalan
 Jarak antar layer : 30 cm
 Panjang total per meter : 429 meter
 Total biaya : Rp 463.320.000,00
 - Timbunan oprit trapesium
 Jarak antar layer : 30 cm
 Panjang total per meter : 64.272 meter
 Total biaya : Rp 710.093.217,00
4. Hasil perencanaan perkuatan timbunan jalan dan oprit trapesium sisi sebelum sungai dengan menggunakan *micropile*, adalah sebagai berikut:
- Timbunan jalan
 Jumlah per 1 meter : 18 buah
 Kedalaman *micropile* : 9 meter
 Jarak antar *micropile* : 2,5 meter
 Total biaya : Rp 1.073.476.800,00
 - Timbunan oprit trapesium
 Jumlah per 1 meter : 43 buah
 Kedalaman *micropile* : 11 meter
 Jarak antar *micropile* : 1 meter
 Total biaya : Rp 2.257.031.472,00

Sedangkan hasil perencanaan perkuatan timbunan jalan dan oprit trapesium sisi setelah sungai dengan menggunakan *micropile*, adalah sebagai berikut:

- Timbunan jalan
 - Jumlah per 1 meter : 15 buah
 - Kedalaman *micropile* : 11 meter
 - Jarak antar *micropile* : 4 meter
 - Total biaya : Rp 1.342.296.000,00
 - Timbunan oprit trapesium
 - Jumlah per 1 meter : 49 buah
 - Kedalaman *micropile* : 11 meter
 - Jarak antar *micropile* : 1,2 meter
 - Total biaya: Rp 2.338.106.736,00
5. Hasil dimensi abutmen dan pilar ditampilkan pada **Lampiran 6**. Diameter tiang pancang dan harga material yang paling ekonomis adalah sebagai berikut:
- Abutmen 1
 - Diameter : 50 cm
 - Kedalaman : 31 meter
 - Jumlah : 45 buah
 - Harga Total : Rp 495.000.000,00
 - Abutmen 2
 - Diameter : 60 cm
 - Kedalaman : 32,5 meter
 - Jumlah : 32 buah
 - Harga Total : Rp 428.800.000,00
 - Pilar
 - Diameter : 50 cm
 - Kedalaman : 28,5 meter
 - Jumlah : 45 buah
 - Harga Total : Rp 495.000.000,00
6. Perkuatan arah longitudinal diperlukan untuk mengurangi tekanan aktif tanah. Bentuk perkuatannya yaitu sama dengan perkuatan timbunan oprit tegak, namun dipasang

memanjang. Hasil gambar perencanaan ditampilkan pada **Lampiran 6**.

8.2 SARAN

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisa dalam Tugas Akhir ini meliputi :

1. Sebaiknya perencanaan timbunan menggunakan timbunan *counterweight* untuk mengurangi penggunaan perkuatan timbunan.
2. Pada perencanaan abutment berikutnya sebaiknya direncanakan menggunakan *sub-drain* untuk mengurangi tegangan aktif air.
3. Perencanaan timbunan sebaiknya mempertimbangkan lokasi di sekitar.
4. Untuk perencanaan lebih lanjut, jenis jembatan yang lain dapat dipertimbangkan.

LAMPIRAN 1 DATA PERENCANAAN

Table 3.2 : Bor and SPT point B - 1

Bore No. : B - 1
Project : Dermaga Terminal Petikemas Semarang
Location : Pelabuhan Tanjung Emas Semarang
Elevation : -3.250 m L.W.S.
Sea Bed

Coordinates of GPS
Diameter of Bore
Diameter of Casing

X = 0436351
Y = 9233240
73 mm
89 mm

BORE LOG

| Elevation (m LWS) | DEPTH (m) | BORE LOG | Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm | DESCRIPTION | COLOUR | S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm) | Grain Size Analysis (%) | | | | Physical Properties | | | | |
|----------------------|--------------|----------|---|-------------|--------|---|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|---------------------------|---|---------------|--------------------|
| | | | | | | | Gravel (%) | Sand (%) | Silt (%) | Clay (%) | Water Content (%) | Specific Gravity GS | Dry Density (γ_d) (gr/cm^3) | Porosity n | Void Ratio e |
| -3.250 | 0 | | | | | | | | | | | | | | |
| -4.250 | 1 | | | | | 0 + 1 + 0 = 1 1.00 - 1.50 m | 0.37 | 3.75 | 51.82 | 44.06 | 74.73 | 2.658 | 0.778 | 0.665 | 1.986 |
| -5.250 | 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| -6.250 | 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| -7.250 | 4 | | | | | 0 + 1 + 0 = 1 4.00 - 4.50 m | 0.44 | 1.47 | 52.11 | 45.97 | 70.53 | 2.623 | 0.812 | 0.649 | 1.850 |
| -8.250 | 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| -9.250 | 6 | | | | | | | | | | | | | | |
| -10.250 | 7 | | | | | | | | | | | | | | |
| -11.250 | 8 | | | | | 0 + 1 + 0 = 1 7.00 - 7.50 m | 1.20 | 1.62 | 52.87 | 44.31 | 66.98 | 2.646 | 0.906 | 0.639 | 1.773 |
| -12.250 | 9 | | | | | | | | | | | | | | |
| -13.250 | 10 | | | | | 0 + 1 + 0 = 1 10.00 - 10.50 m | 0.17 | 0.67 | 52.67 | 46.50 | 67.68 | 2.568 | 0.847 | 0.635 | 1.738 |
| -14.250 | 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| -15.250 | 12 | | | | | 0 + 1 + 0 = 1 13.00 - 13.50 m | 0.82 | 1.94 | 51.97 | 45.26 | 66.04 | 2.642 | 0.906 | 0.636 | 1.744 |
| -16.250 | 13 | | | | | | | | | | | | | | |
| -17.250 | 14 | | | | | 0 + 1 + 0 = 1 16.00 - 16.50 m | 0.49 | 1.73 | 51.79 | 45.99 | 65.00 | 2.637 | 0.855 | 0.632 | 1.714 |
| -18.250 | 15 | | | | | | | | | | | | | | |
| -19.250 | 16 | | | | | 0 + 1 + 0 = 1 19.00 - 19.50 m | 0.64 | 1.48 | 51.59 | 46.29 | 57.63 | 2.632 | 1.009 | 0.603 | 1.517 |
| -20.250 | 17 | | | | | | | | | | | | | | |
| -21.250 | 18 | | | | | | | | | | | | | | |
| -22.250 | 19 | | | | | | | | | | | | | | |
| -23.250 | 20 | | | | | | | | | | | | | | |
| -24.250 | 21 | | | | | | | | | | | | | | |
| -25.250 | 22 | | | | | 1 + 1 + 1 = 2 22.00 - 22.50 m | 0.50 | 2.76 | 50.36 | 46.38 | 63.46 | 2.648 | 0.889 | 0.627 | 1.681 |
| -26.250 | 23 | | | | | | | | | | | | | | |
| -27.250 | 24 | | | | | | | | | | | | | | |
| -28.250 | 25 | | | | | 1 + 2 + 3 = 5 25.00 - 25.50 m | 1.62 | 2.14 | 50.89 | 45.36 | 49.23 | 2.653 | 1.112 | 0.566 | 1.306 |
| -29.250 | 26 | | | | | | | | | | | | | | |
| -30.250 | 27 | | | | | | | | | | | | | | |
| -31.250 | 28 | | | | | 2 + 3 + 5 = 8 28.00 - 28.50 m | 0.76 | 1.07 | 52.35 | 45.82 | 39.19 | 2.619 | 1.266 | 0.507 | 1.027 |
| -32.250 | 29 | | | | | | | | | | | | | | |
| -33.250 | 30 | | | | | | | | | | | | | | |
| -34.250 | 31 | | | | | 3 + 5 + 8 = 13 31.00 - 31.50 m | 0.79 | 17.74 | 47.26 | 34.21 | 36.54 | 2.672 | 1.334 | 0.494 | 0.976 |
| -35.250 | 32 | | | | | | | | | | | | | | |
| -36.250 | 33 | | | | | 4 + 5 + 7 = 12 34.00 - 34.50 m | 0.23 | 1.41 | 50.92 | 47.44 | 39.46 | 2.604 | 1.257 | 0.507 | 1.027 |
| -37.250 | 34 | | | | | | | | | | | | | | |
| -38.250 | 35 | | | | | | | | | | | | | | |
| -39.250 | 36 | | | | | | | | | | | | | | |
| -40.250 | 37 | | | | | | 0.29 | 1.56 | 50.75 | 47.40 | 44.12 | 2.611 | 1.163 | 0.535 | 1.152 |

Gambar 1. Hasil Penyelidikan Tanah (Bore Log) Titik B-

Table 3.3 : Bor and SPT point B - 2

Bore No. : B - 2
 Project : Dermaga Terminal Petikemas Semarang
 Location : Pelabuhan Tanjung Emas Semarang
 Elevation : -3.200 m L.W.S.
 Sea Bed

Coordinates of GPS
 Diameter of Bore
 Diameter of Casing

X = 0436331
 Y = 9233292
 : 73 mm
 : 89 mm

BORE LOG

| Elevation (m LWS) | DEPTH (m) | BORE LOG | Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm | DESCRIPTION | COLOUR | S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm) | Grain Size Analysis (%) | | | | Physical Properties | | | | |
|----------------------|--------------|----------|---|-------------|--------|---|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|---------------------------|--|---------------|--------------------|
| | | | | | | | Gravel (%) | Sand (%) | Silt (%) | Clay (%) | Water Content (%) | Specific Gravity GS | Dry Density (γ_d) (gr/cm^3) | Porosity n | Void Ratio e |
| -3.200 | 0 | | 0 20 40 60 80 | | | | | | | | | | | | |
| -4.200 | 1 | | | | | 0 + 1 + 0 = 1 1.00 - 1.50 m | 0.36 | 2.41 | 50.65 | 46.59 | 66.04 | 2.622 | 0.906 | 0.634 | 1.732 |
| -5.200 | 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| -6.200 | 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| -7.200 | 4 | | | | | 0 + 1 + 0 = 1 4.00 - 4.50 m | 1.03 | 2.20 | 51.77 | 45.00 | 66.67 | 2.634 | 0.847 | 0.637 | 1.756 |
| -8.200 | 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| -9.200 | 6 | | | | | | | | | | | | | | |
| -10.200 | 7 | | | | | 0 + 1 + 0 = 1 7.00 - 7.50 m | 1.42 | 2.24 | 52.40 | 43.94 | 62.50 | 2.646 | 0.958 | 0.623 | 1.654 |
| -11.200 | 8 | | | | | | | | | | | | | | |
| -12.200 | 9 | | | | | | | | | | | | | | |
| -13.200 | 10 | | | | | 0 + 1 + 0 = 1 10.00 - 10.50 m | 0.65 | 1.43 | 51.71 | 46.20 | 61.82 | 2.633 | 0.941 | 0.619 | 1.627 |
| -14.200 | 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| -15.200 | 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| -16.200 | 13 | | | | | 0 + 1 + 0 = 1 13.00 - 13.50 m | 2.38 | 2.67 | 50.47 | 44.48 | 67.31 | 2.664 | 0.889 | 0.642 | 1.793 |
| -17.200 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| -18.200 | 15 | | | | | 0 + 1 + 0 = 1 16.00 - 16.50 m | 1.40 | 2.92 | 51.01 | 44.68 | 65.09 | 2.677 | 0.906 | 0.635 | 1.743 |
| -19.200 | 16 | | | | | | | | | | | | | | |
| -20.200 | 17 | | | | | 0 + 1 + 0 = 1 19.00 - 19.50 m | 1.45 | 2.41 | 51.31 | 44.83 | 65.42 | 2.638 | 0.915 | 0.633 | 1.725 |
| -21.200 | 18 | | | | | | | | | | | | | | |
| -22.200 | 19 | | | | | 1 + 1 + 2 = 3 22.00 - 22.50 m | 0.10 | 1.26 | 52.38 | 46.26 | 66.99 | 2.621 | 0.881 | 0.637 | 1.756 |
| -23.200 | 20 | | | | | | | | | | | | | | |
| -24.200 | 21 | | | | | 1 + 2 + 3 = 5 25.00 - 25.50 m | 0.00 | 6.41 | 52.04 | 41.54 | 42.66 | 2.667 | 1.223 | 0.532 | 1.138 |
| -25.200 | 22 | | | | | | | | | | | | | | |
| -26.200 | 23 | | | | | 2 + 4 + 5 = 9 28.00 - 28.50 m | 6.45 | 2.27 | 51.56 | 39.72 | 41.10 | 2.661 | 1.249 | 0.522 | 1.094 |
| -27.200 | 24 | | | | | | | | | | | | | | |
| -28.200 | 25 | | | | | 2 + 3 + 4 = 7 31.00 - 31.50 m | 4.74 | 2.04 | 51.18 | 42.04 | 36.49 | 2.668 | 1.266 | 0.493 | 0.974 |
| -29.200 | 26 | | | | | | | | | | | | | | |
| -30.200 | 27 | | | | | 2 + 4 + 5 = 9 34.00 - 34.50 m | 0.34 | 2.31 | 51.83 | 45.52 | 38.10 | 2.618 | 1.257 | 0.499 | 0.998 |
| -31.200 | 28 | | | | | | | | | | | | | | |
| -32.200 | 29 | | | | | 3 + 5 + 7 = 12 37.00 - 37.50 m | 0.14 | 1.76 | 51.20 | 46.91 | 37.84 | 2.608 | 1.266 | 0.497 | 0.987 |
| -33.200 | 30 | | | | | | | | | | | | | | |
| -34.200 | 31 | | | | | 4 + 5 + 6 = 11 40.00 - 40.50 m | 0.00 | 0.95 | 51.48 | 47.57 | 40.14 | 2.581 | 1.214 | 0.509 | 1.036 |
| -35.200 | 32 | | | | | | | | | | | | | | |
| -36.200 | 33 | | | | | | | | | | | | | | |
| -37.200 | 34 | | | | | | | | | | | | | | |
| -38.200 | 35 | | | | | | | | | | | | | | |
| -39.200 | 36 | | | | | | | | | | | | | | |
| -40.200 | 37 | | | | | | | | | | | | | | |
| -41.200 | 38 | | | | | | | | | | | | | | |
| -42.200 | 39 | | | | | | | | | | | | | | |
| -43.200 | 40 | | | | | | | | | | | | | | |
| -44.200 | 41 | | | | | | | | | | | | | | |
| -45.200 | 42 | | | | | | | | | | | | | | |
| -46.200 | 43 | | | | | | | | | | | | | | |
| -47.200 | 44 | | | | | | | | | | | | | | |

Gambar 2. Hasil Penyelidikan Tanah (Bore Log) Titik B-2

Bore No. : B - 3
 Project : Reklamasi Terminal Petikemas Semarang
 Location : Pelabuhan Tanjung Emas Semarang
 Elevation : -3.150 m L.W.S.
 Sea Bed

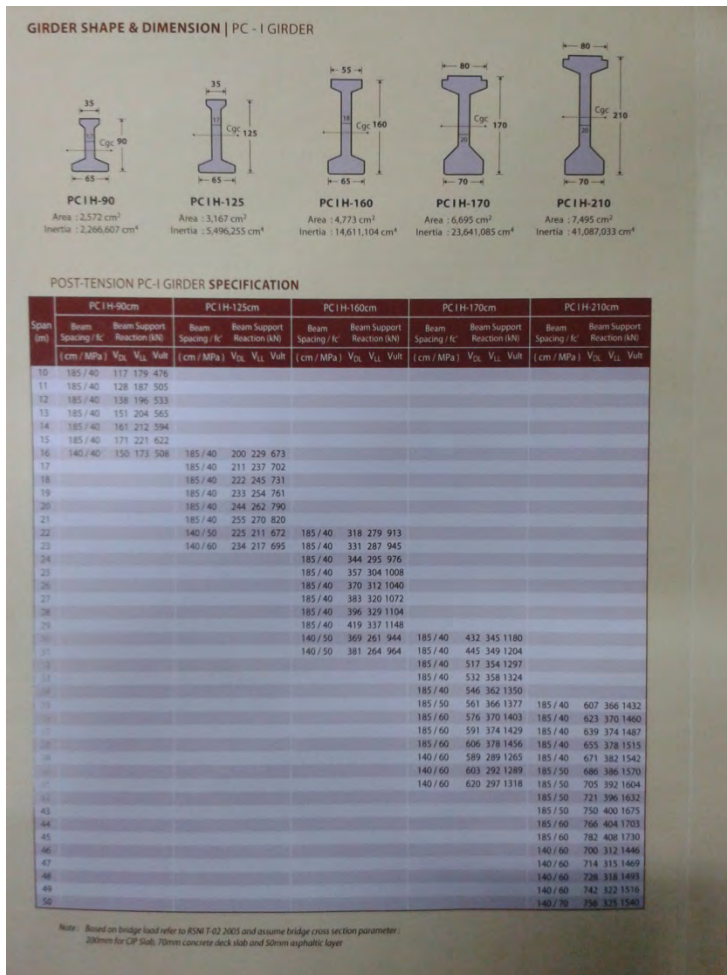
Coordinates of GPS X = 0436427
 Y = 9233222
 Diameter of Bore : 73 mm
 Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

| Elevation (m LWS) | DEPTH (m) | BORE LOG | Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm | Vane Shear Test Cu (ton/m ²) | DESCRIPTION | COLOUR | S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm) | Grain Size Analysis (%) | | | | Physical Properties | | | | | Mechanical Properties | | | | |
|----------------------|--------------|----------|---|---|-------------|--------|---|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|---------------------------|--|---------------|--------------------|-----------------------|---------|---------|--------------------|------------------------------|
| | | | | | | | | Gravel (%) | Sand (%) | Silt (%) | Clay (%) | Water Content (%) | Specific Gravity GS | Dry Density (γ_d) (gr/cm ³) | Porosity n | Void Ratio e | Atterberg Test | | | Consolidation Test | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | LL % | PL % | IP % | Cc | Cv cm ² /detik |
| -3.150 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -4.150 | 1 | | | | | | | 0.29 | 4.62 | 48.60 | 46.49 | 68.97 | 2.566 | 0.924 | 0.639 | 1.770 | 73.58 | 34.33 | 39.26 | 1.46 | 1.36E-03 |
| -5.150 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -6.150 | 3 | | | | | | | 0.00 | 14.19 | 45.05 | 40.76 | 59.12 | 2.638 | 1.092 | 0.609 | 1.559 | 70.45 | 33.26 | 37.19 | 1.60 | 1.54E-03 |
| -7.150 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -8.150 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -9.150 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -10.150 | 7 | | | | | | | 0.13 | 1.50 | 51.05 | 47.31 | 67.86 | 2.567 | 0.892 | 0.635 | 1.742 | 78.39 | 36.16 | 42.24 | 1.58 | 1.38E-03 |
| -11.150 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -12.150 | 9 | | | | | | | 1.18 | 1.14 | 52.02 | 45.66 | 63.16 | 2.571 | 0.908 | 0.619 | 1.624 | 75.41 | 35.19 | 40.23 | 1.57 | 1.30E-03 |
| -13.150 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -14.150 | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -15.150 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -16.150 | 13 | | | | | | | 0.60 | 1.44 | 51.20 | 46.76 | 61.90 | 2.572 | 1.004 | 0.614 | 1.592 | 73.76 | 33.44 | 40.32 | 1.55 | 1.28E-03 |
| -17.150 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -18.150 | 15 | | | | | | | 1.13 | 1.75 | 50.70 | 46.42 | 62.50 | 2.581 | 0.956 | 0.617 | 1.613 | 73.58 | 33.47 | 40.11 | 1.52 | 1.38E-03 |
| -19.150 | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -20.150 | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -21.150 | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -22.150 | 19 | | | | | | | 1.74 | 1.94 | 50.56 | 45.76 | 58.40 | 2.604 | 0.996 | 0.603 | 1.521 | 73.76 | 35.24 | 38.52 | 1.52 | 1.26E-03 |
| -23.150 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -24.150 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -25.150 | 22 | | | | | | | 0.00 | 1.21 | 52.28 | 46.51 | 56.20 | 2.611 | 0.964 | 0.595 | 1.468 | 73.40 | 33.31 | 40.08 | 1.49 | 1.20E-03 |
| -26.150 | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -27.150 | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -28.150 | 25 | | | | | | | 0.00 | 1.02 | 52.21 | 46.77 | 45.58 | 2.618 | 1.171 | 0.544 | 1.193 | 75.85 | 34.19 | 41.66 | 1.69 | 1.60E-03 |
| -29.150 | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -30.150 | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -31.150 | 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -32.150 | 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -33.150 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -34.150 | 31 | | | | | | | 9.16 | 1.88 | 49.80 | 39.15 | 34.12 | 2.628 | 1.354 | 0.473 | 0.897 | 68.58 | 29.85 | 38.73 | 1.39 | 7.60E-04 |

Gambar 3. Hasil Penyelidikan Tanah (Bore Log) Titik B-3

BROSUR GIRDER JEMBATAN



Gambar I.4 Brosur Girder Jembatan WIKa BETON

BROSUR TIANG PANCANG

| Specification of Material | | | | | | | |
|---------------------------|------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Item | Reference | Description | Specification | | | | |
| Aggregate | ASTM C33 - 1999 | Standard Specification for Concrete Aggregates Indonesian Concrete Code | Standard product type I Special order : type II or V | | | | |
| | NI 2 PBI - 1971 | | | | | | |
| Cement | SNI 15-2049 - 2004 | Portland Cement | Standard product type I Special order : type II or V | | | | |
| Admixture | ASTM C494 - 1985 | Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete | Type F : water reducing admixtures | | | | |
| Concrete | SNI 03-2847-2002 | Indonesian Concrete Code | Compressive Strength at: 28 days : 600 kgf/cm ² (cube) | | | | |
| PC Wire | JIS G 3536 - 1999 | Uncoated Stress-Relieved Steel Wire and Strand for Prestressed Concrete | SWPD 1 | | | | |
| PC Bar | JIS G 3137 - 1994 | Small Size Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete | SBPDL 1275/1420 | | | | |
| Spiral Wire | JIS G 3532 - 2000 | Low Carbon Steel Wire | SWMA / SWMP | | | | |
| Joint Plate | JIS G 3101 - 2004 | Rolled Steel for General Structure | SS-400 | | | | |
| Welding | ANSI / AWS D1.1 - 1990 | Structural Welding Code-Steel | AWS A 5.1 / E 6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent | | | | |

| Classification | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------|-------|---|--------------------|------------|----------------|----------------------------|
| Outside Diameter (mm) | Wall Thickness (mm) | Class | Concrete Cross Section (cm ²) | Unit Weight (Kg/m) | Length (m) | Bending Moment | Allowable Axial Load (Ton) |
| | | | | | | Crack (Ton.m) | |
| 300 | 60 | A2 | 452 | 113 | 6 - 13 | 2.50 | 72.60 |
| | | A3 | | | | 4.50 | 70.75 |
| | | B | | | | 3.50 | 67.50 |
| | | C | | | | 4.00 | 65.40 |
| 350 | 65 | A1 | 582 | 145 | 6 - 15 | 3.50 | 93.10 |
| | | A3 | | | | 4.20 | 89.50 |
| | | B | | | | 5.00 | 86.40 |
| | | C | | | | 6.00 | 85.00 |
| 400 | 75 | A2 | 766 | 191 | 6 - 16 | 5.50 | 121.10 |
| | | A3 | | | | 6.50 | 117.60 |
| | | B | | | | 7.50 | 114.40 |
| | | C | | | | 9.00 | 111.50 |
| 450 | 80 | A1 | 930 | 232 | 6 - 16 | 7.50 | 149.50 |
| | | A2 | | | | 8.50 | 145.80 |
| | | A3 | | | | 10.00 | 143.80 |
| | | B | | | | 11.00 | 139.10 |
| 500 | 90 | A1 | 1159 | 290 | 6 - 16 | 12.50 | 134.90 |
| | | A2 | | | | 10.50 | 185.30 |
| | | A3 | | | | 12.50 | 181.70 |
| | | B | | | | 14.00 | 178.20 |
| 600 | 100 | A1 | 1571 | 393 | 6 - 16 | 15.00 | 174.90 |
| | | A2 | | | | 17.00 | 169.00 |
| | | A3 | | | | 22.00 | 252.70 |
| | | B | | | | 25.00 | 249.00 |
| 600 | 100 | C | 1571 | 393 | 6 - 16 | 45.00 | 238.30 |
| | | | | | | 58.00 | 229.50 |

Gambar I.5 Brosur Tiang Pancang (*Spun Piles*) WIKA

BROSUR PVD

Advanced Geosynthetic Solutions

History

Prefabricated Vertical Drains (PVD)

The vertical drain system has been used since 1930, to accelerate the consolidation settlement process, induced by the pre-loading of normally consolidated low-permeability soil. By introducing the vertical drains the drainage paths are shortened and, therefore, the time required for excess pore water pressure, induced by the loading operation, to dissipate will be significantly reduced. The depth of drain installation and the applied loads are continuously increasing, which demands a continuous increase in the standards of the vertical drain quality. CeTeau drain is designed for application under the most severe conditions, it has been successfully used for projects where a high drain standard was required. The advantage of using CeTeau-Drain is that it will reduce the construction time and eliminate the risk of slipplane failures.



PVD Installation Machine 1035

PVD Installation Machine

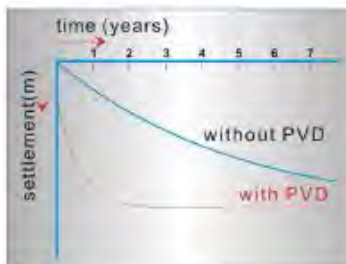
PVDs are relatively inexpensive, provide high water conductivity and can easily be installed at close spacing, thus shortening the path of the pore water in the impermeable soil and expediting the consolidation process. The graph below shows the effect of PVD in the consolidation process.

The advantages of PVD

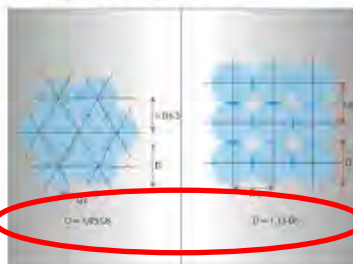
- ✦ Limited disturbance to the substrate
- ✦ Capable of installation to a depth of 60m
- ✦ Monitoring of the installation process
- ✦ High installation speed 1500 m/hr
- ✦ Close spacing is possible
- ✦ Proven performance



Modern PVD installation Machines



Settlement



Triangular Spacing

Square Spacing

Gambar I.6 Brosur PVD

BROSUR GEOTEXTILE**Kalpesh Synthetics Pvt Ltd .****TEST CERTIFICATE**

Quality : Woven Polypropylene Multifilament Geotextile -500 GSM

Test Results

| Sr No: | Testing Properties | Testing Methods | Our Observed Values |
|--------|---|-----------------|--|
| 1 | Mechanical Tensile Strength Warp - KN/Mt (Min) Weft - KN/Mt (Min) | IS - 1969 | 120 95 |
| 2 | Elongation At Break (Max) Warp (%) Weft (%) | IS-1969 | 25 25 |
| 3 | Puncture Strength (N) | ASTM D : 4833 | 1200 |
| 4 | Trapezoidal Tear - N (Min) Warp Weft | ASTM D: 4533 | 2000 1800 |
| 5 | Water permeability (Min) Lt/m2/Sec | ASTM D : 4491 | 9 |
| 6 | GSM (Gram per Square Meter) | ASTM D :5261 | 500 |
| 7 | AOS (Apparent Opening Size) (MM) | ASTM D :4751 | 0.075 |
| 8 | UV Resistance | ASTM D:4355 | Above 80 % Strength Retention after 500 Hrs of Outdoor Weathering |
| 10 | Thickness | | 1.4 |

Registered Office

M/S Kalpesh Synthetics Pvt Ltd (Technical Textile Division) 8, Kuntal, Modi Industrial Estate,


L.B.S Marg, Ghatkopar (W) ,Mumbai -400086, India :Tel. No +91-022-32917516/17/18

Factory Address

Village: Dehri, Taluka: Umbergaon, Dist. Bulsar, Gujarat -396171, India :Tel No: 0260 - 2562469, 3290622, 3266968

Gambar I.7 Brosur *Geotextile Kalpesh Synthetics Pvt Ltd.*


HARGA GEOTEXTILE

 **UnggulTex**
POLYPROPYLENE WOVEN GEOTEXTILES

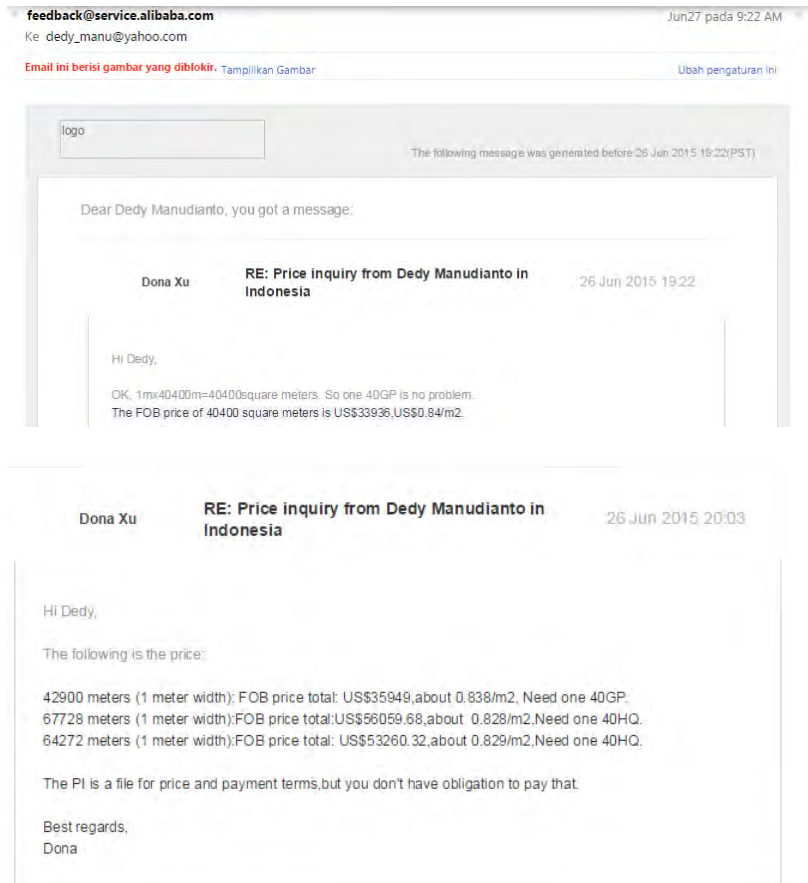
TECHNICAL SPESIFICATIONS

| PROPERTIES | UNIT | TEST METHOD | UW - 150 | UW - 200 | UW - 250 |
|---------------------------------------|------------------|-------------------|------------|------------|------------|
| Physical Properties | | | | | |
| Mass | g/m ² | ASTM D 5261-92 | 150 | 200 | 250 |
| Thickness | mm | ASTM D 5199-91 | 0.5 | 0.6 | 0.7 |
| Colour | - | - | Black | Black | Black |
| Mechanical Properties | | | | | |
| Strip Tensile Strength (Wrat/Welf) | kN/m | ASTM D 4595-94 | 37/35 | 42/39 | 52/52 |
| Elongation at Max. Load (Wrat/Welf) | % | ASTM D 4595-94 | 19/18 | 20/20 | 20/20 |
| Crimp Tensile Strength (Wrat/Welf) | N | ASTM D 4632-91 | 1210/1200 | 1600/1600 | 1750/1750 |
| Elongation at Max. Load (Wrat/Welf) | % | ASTM D 4632-91 | 14/13 | 22/22 | 22/22 |
| Trapezoidal Tear Strength (Wrat/Welf) | N | ASTM D 4533-91 | 615/615 | 700/700 | 800/800 |
| Hydraulic Properties | | | | | |
| Pore Size O ₉₀ | µm | ASTM D 4751-95 | 320 | 275 | 250 |
| Water Permeability | litm/sec | 100 mm water head | 28 | 16 | 7.5 |
| Environmental Properties | | | | | |
| Effect of soil Alkalinity | - | - | nil | nil | nil |
| Effect of soil Acidity | - | - | nil | nil | nil |
| Effect of Bacteria | - | - | nil | nil | nil |
| Effect of U.V. Light | - | - | Stabilized | Stabilized | Stabilized |
| Packaging | | | | | |
| Roll Length | m | - | 150 - 200 | 150 - 200 | 150 - 200 |
| Roll Width | m | - | 3 - 4 | 3 - 4 | 3 - 4 |
| Roll Area | m ² | - | 640 - 760 | 640 - 760 | 640 - 760 |
| Roll Diameter (Approx) | m | - | 0.4 - 0.5 | 0.4 - 0.5 | 0.4 - 0.5 |
| Roll Weight (Approx) | kg | - | 96 - 114 | 128 - 152 | 160 - 180 |

All information, illustration and specification are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice.

Distributed by :
 **PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL**
 Wisma SER Building, 1st Floor, Jl. Rungtut Industri Raya 10, Surabaya 60263
 Tel. 031-8475062 Fax. 031-8475061
 Website: www.geosistem.co.id Email: info@geosistem.co.id

Gambar I.8 Brosur *Geotextile Unggul-Tex UW-250*



Gambar I.9 Harga *Geotextile Kalpesh Synthetics Pvt Ltd.*



GEOSYNTHETIC FOR SOIL IMPROVEMENTS

Nomor : TEK/TRD-764/Str.TRD/GEO/X/2013
Lampiran : Brosur dan Spesifikasi Teknik produk

Surabaya, 08 Oktober 2013

Kepada Yth,
Bapak Satrio Yudhawan
Teknik Sipil UGM
Yogyakarta

Perihal : Info Harga Material Geotextile Non Woven dan Geotextile Woven

Dengan hormat,

Bersama ini kami mengajukan penawaran harga pengadaan material Geotextile Non Woven dan Geotextile Woven, sebagai berikut :

| No. | URAIAN PEKERJAAN | BAT | VOLUME | HARGA SATUAN | HARGA SATUAN |
|-----|--|-----|--------|--------------|---------------|
| 1 | Geotextile Non Woven Merk / Tipe : Unggul / UNW-20 Tebal : 1,45 mm Asal : Indonesia | AG | 400,00 | Rp. 12,500 | Rp. 5,000,000 |
| 2 | Geotextile Woven Merk / Tipe : Unggul / UW-20 Tebal : 0,70 mm Asal : Indonesia | AG | 60,00 | Rp. 14,000 | Rp. 840,000 |
| | | | | | Rp. 5,840,000 |

Kondisi penawaran harga :

1. Harga pekerjaan belum termasuk PPN 10%
2. Harga material franco Gudang PT. TGU, Jl. Raya Gilang No. 29A, Taman - Sidoarjo
3. Cara pembayaran dibicarakan saat negosiasi dan klarifikasi penawaran harga
4. Pesanan barang dalam satuan rol standat pabrik
5. Hal-hal lain diuraikan dalam PO/SPK/Kontrak pekerjaan,
6. Masa berlaku penawaran harga 30 hari sejak tanggal surat penawaran ini

Demikian, terima kasih atas kesempatan dan kepercayaan yang diberikan kepada kami.

Hormat kami,

PT. TEKININDO GEOSISTEM UNGGUL



Jilly Krianawulita
Marketing Engineer
HP : 083631290012
E-mail : jilly@geosistem.co.id

PJP : JKR
RP3 : CM-0499.10-2013
FP2 : MH-0499.10-2013

PT. TEKININDO GEOSISTEM UNGGUL
1st Floor, Wisma SIER Building,
Jl. Rungkut Industri Raya No.10, Surabaya 60209
Tel : 031-8475082 Fax : 031-8475083 Email : info@geosistem.co.id
Website : www.geosistem.co.id



Gambar I.10 Harga Geotextile Kalpesh Synthetics Pvt Ltd.

DATA MICROPILE

| No | Type | Gbr | Mutu Beton | Tulangan besi ϕ | Sengkang besi ϕ | Dimensi | | Berat Beton | P (beban) | Transportasi | | Harqa | | | | | | Jasa pemancangan | | | |
|----|------------|-----|------------|----------------------|----------------------|-----------|-------------|-------------------|----------------|--------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|------------------------|---------|------------------|-----------|----|-----------|
| | | | | | | Sisi (cm) | Panjang (m) | kg/m ¹ | Vertikal (ton) | min | 10 m ¹ | per 1 m | per 2 m | per 3 m | per 6 m | n = 350 m ¹ | | | | | |
| 1 | Segi Empat | | K - 450 | 10 | 6 | 16 | 6 | 61.4 Kg | 21 | Rp | 11.520 /M | Rp | 99.429 | Rp | 198.859 | Rp | 298.288 | Rp | 596.576 | Rp | 28.285.71 |
| | | | K - 450 | 12 | 6 | 16 | 6 | 61.4 Kg | 23 | Rp | 11.520 /M | Rp | 109.29 | Rp | 218.582 | Rp | 327.873 | Rp | 655.746 | Rp | 30.000.00 |
| | | | K - 450 | 13 | 6 | 16 | 6 | 61.4 Kg | 23 | Rp | 11.520 /M | Rp | 114.894 | Rp | 229.788 | Rp | 344.683 | Rp | 689.365 | Rp | 30.000.00 |
| No | Type | Gbr | Mutu Beton | Tulangan besi ϕ | Sengkang besi ϕ | Dimensi | | Berat Beton | P (beban) | Transportasi | | Harqa | | | | | | Jasa pemancangan | | | |
| | | | | | | Sisi (cm) | Panjang (m) | kg/m ¹ | Vertikal (ton) | min | 10 m ¹ | per 1 m | per 2 m | per 3 m | per 6 m | n = 350 m ¹ | | | | | |
| 1 | Segi Empat | | K - 450 | 10 | 6 | 18 | 6 | 77.8 Kg | 26 | Rp | 14.580 /M | Rp | 116.363 | Rp | 232.726 | Rp | 349.089 | Rp | 698.178 | Rp | 28.285.71 |
| | | | K - 450 | 12 | 6 | 18 | 6 | 77.8 Kg | 27 | Rp | 14.580 /M | Rp | 126.225 | Rp | 252.449 | Rp | 378.674 | Rp | 757.348 | Rp | 30.000.00 |
| | | | K - 450 | 13 | 6 | 18 | 6 | 77.8 Kg | 28 | Rp | 14.580 /M | Rp | 131.828 | Rp | 263.656 | Rp | 395.483 | Rp | 790.967 | Rp | 30.000.00 |
| No | Type | Gbr | Mutu Beton | Tulangan besi ϕ | Sengkang besi ϕ | Dimensi | | Berat Beton | P (beban) | Transportasi | | Harqa | | | | | | Jasa pemancangan | | | |
| | | | | | | Sisi (cm) | Panjang (m) | kg/m ¹ | Vertikal (ton) | min | 10 m ¹ | per 1 m | per 2 m | per 3 m | per 6 m | n = 350 m ¹ | | | | | |
| 1 | Segi Empat | | K - 450 | 12 | 6 | 20 | 6 | 96.0 Kg | 33 | Rp | 18.000 /M | Rp | 145.050 | Rp | 290.100 | Rp | 435.149 | Rp | 870.299 | Rp | 28.285.71 |
| | | | K - 450 | 13 | 6 | 20 | 6 | 96.0 Kg | 34 | Rp | 18.000 /M | Rp | 150.653 | Rp | 301.306 | Rp | 451.959 | Rp | 903.918 | Rp | 30.000.00 |
| | | | K - 450 | 16 | 8 | 20 | 6 | 96.0 Kg | 36 | Rp | 18.000 /M | Rp | 184.655 | Rp | 369.310 | Rp | 553.966 | Rp | 1.107.931 | Rp | 30.000.00 |

Gambar I.11 Brosur Spesifikasi dan Daftar Harga *Micropile* ATA BETON

PT. KENCANA ABADI

Distributors segala keperluan proyek dan bangunan

HARGA TIANG PANCANG BULAT / SPUN PILE



BBRP berdiri sejak tahun 1990 adalah perusahaan pembuat tiang pancang bulat prilaku yang berdomeski di Jakarta. Produk tiang pancang Bulat / Spun Pile dan ukuran diameter 30cm, 35cm, 40cm, 45cm, 50cm & 60cm dengan Concrete Strength K-600, saam ini memiliki stock ribuan batang dengan berbagai ukuran, & harga bersaing. Kualitas terjamin Adapun variasi panjang tiang pancang adalah 12 m, 10 m, 9 m, 8 m, 7 m.



SPEKIFIKASI DAN HARGA

1. Spesifikasi Harga
 - Diameter: 30cm
 - Panjang: 6m/8m
 - Harga: Rp 3.000.000 / Batang
2. Spesifikasi Harga
 - Diameter: 40cm
 - Panjang: 8m/10m
 - Harga: Rp 3.800.000 / Batang
3. Spesifikasi Harga
 - Diameter: 50cm
 - Panjang: 12m/14m
 - Harga: Rp 5.500.000 / Batang
4. Spesifikasi Harga
 - Diameter: 60cm
 - Panjang: 15m/16m
 - Harga: Rp 6.700.000 / Batang

Our product Pre-stressed Spun Concrete Piles "TECKON" are manufacture in compliance with JIS A 5335-1987 and generally conforming to other specification (ACI543-1979 & BS 8004-1986 / BS 8110-1985) PG Bar and Spiral Wires comply with JIS G 3137-1994 and BS4482

Gambar I.12 Daftar Harga Tiang Pancang yang Dipakai

“halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 2

TABEL PERHITUNGAN TIMBUNAN TRAPESIUM SEBELUM SUNGAI

Tabel 1 . Tabel q total yang digunakan

| H beban timb | q lalu lintas | H traffic | H total | a | b | q total |
|--------------|---------------|-----------|---------|--------|------|---------|
| (m) | (t/m2) | (m) | (m) | (m) | (m) | (t/m2) |
| 1 | 1 | 0.541 | 1.541 | 3.081 | 12.5 | 2.85 |
| 3 | 1 | 0.541 | 3.541 | 7.081 | 12.5 | 6.55 |
| 5 | 1 | 0.541 | 5.541 | 11.081 | 12.5 | 10.25 |
| 7 | 1 | 0.541 | 7.541 | 15.081 | 12.5 | 13.95 |
| 9 | 1 | 0.541 | 9.541 | 19.081 | 12.5 | 17.65 |
| 11 | 1 | 0.541 | 11.541 | 23.081 | 12.5 | 21.35 |
| 13 | 1 | 0.541 | 13.541 | 27.081 | 12.5 | 25.05 |

Tabel 2. Tabel Perhitungan Tegangan Overburden Efektif

| kedalaman | σ'_o |
|-----------|-------------|
| (m) | (t/m2) |
| 0-1 | 0.278 |
| 1-2 | 0.833 |
| 2-3 | 1.388 |
| 3-4 | 1.944 |
| 4-5 | 2.506 |
| 5-6 | 3.076 |
| 6-7 | 3.657 |
| 7-8 | 4.250 |
| 8-9 | 4.844 |
| 9-10 | 5.437 |
| 10-11 | 6.034 |
| 11-12 | 6.634 |
| 12-13 | 7.234 |
| 13-14 | 7.833 |
| 14-15 | 8.432 |
| 15-16 | 9.030 |
| 16-17 | 9.631 |
| 17-18 | 10.235 |
| 18-19 | 10.860 |
| 19-20 | 11.509 |
| 20-21 | 12.157 |
| 21-22 | 12.805 |
| 22-23 | 13.437 |
| 23-24 | 14.051 |
| 24-25 | 14.666 |
| 25-26 | 15.331 |
| 26-27 | 16.048 |
| 27-28 | 16.806 |
| 28-29 | 17.604 |
| 29-30 | 18.403 |
| 30-31 | 19.225 |
| 31-32 | 20.071 |
| 32-33 | 20.918 |
| 33-34 | 21.764 |

Tabel 3 Tabel Hasil Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Tanah Timbunan

| akibat timbunan | Q = | 6.55 | t/m | | | |
|-----------------|------|-------|--------|------------|------------|-----------------|
| kedalaman | z | a | b | α_1 | α_2 | $\Delta\sigma'$ |
| (m) | (m) | (m) | (m) | | | (t/m2) |
| 0-1 | 0.5 | 7.081 | 12.500 | 0.83 | 87.71 | 6.5493 |
| 1-2 | 1.1 | 7.081 | 12.5 | 1.81 | 84.97 | 6.549 |
| 2-3 | 1.7 | 7.081 | 12.5 | 2.78 | 82.26 | 6.5464 |
| 3-4 | 2.3 | 7.081 | 12.5 | 3.73 | 79.57 | 6.5412 |
| 4-5 | 2.9 | 7.081 | 12.5 | 4.64 | 76.94 | 6.5326 |
| 5-6 | 3.5 | 7.081 | 12.5 | 5.51 | 74.36 | 6.5201 |
| 6-7 | 4.1 | 7.081 | 12.5 | 6.33 | 71.84 | 6.503 |
| 7-8 | 4.7 | 7.081 | 12.5 | 7.11 | 69.39 | 6.481 |
| 8-9 | 5.3 | 7.081 | 12.5 | 7.83 | 67.02 | 6.4539 |
| 9-10 | 5.9 | 7.081 | 12.5 | 8.50 | 64.73 | 6.4216 |
| 10-11 | 6.5 | 7.081 | 12.5 | 9.11 | 62.53 | 6.384 |
| 11-12 | 7.1 | 7.081 | 12.5 | 9.67 | 60.40 | 6.3413 |
| 12-13 | 7.7 | 7.081 | 12.5 | 10.17 | 58.37 | 6.2938 |
| 13-14 | 8.3 | 7.081 | 12.5 | 10.61 | 56.42 | 6.2417 |
| 14-15 | 8.9 | 7.081 | 12.5 | 11.01 | 54.55 | 6.1853 |
| 15-16 | 9.5 | 7.081 | 12.5 | 11.35 | 52.77 | 6.1251 |
| 16-17 | 10.1 | 7.081 | 12.5 | 11.65 | 51.06 | 6.0614 |
| 17-18 | 10.7 | 7.081 | 12.5 | 11.91 | 49.44 | 5.9946 |
| 18-19 | 11.3 | 7.081 | 12.5 | 12.12 | 47.89 | 5.9252 |
| 19-20 | 11.9 | 7.081 | 12.5 | 12.30 | 46.41 | 5.8535 |
| 20-21 | 12.5 | 7.081 | 12.5 | 12.45 | 45.00 | 5.78 |
| 21-22 | 13.1 | 7.081 | 12.5 | 12.56 | 43.66 | 5.7049 |
| 22-23 | 13.7 | 7.081 | 12.5 | 12.64 | 42.38 | 5.6287 |
| 23-24 | 14.3 | 7.081 | 12.5 | 12.70 | 41.16 | 5.5516 |
| 24-25 | 14.9 | 7.081 | 12.5 | 12.74 | 39.99 | 5.474 |
| 25-26 | 15.5 | 7.081 | 12.5 | 12.75 | 38.88 | 5.3961 |
| 26-27 | 16.1 | 7.081 | 12.5 | 12.75 | 37.83 | 5.3181 |
| 27-28 | 16.7 | 7.081 | 12.5 | 12.73 | 36.81 | 5.2403 |
| 28-29 | 17.3 | 7.081 | 12.5 | 12.69 | 35.85 | 5.1628 |
| 29-30 | 17.9 | 7.081 | 12.5 | 12.64 | 34.93 | 5.0859 |
| 30-31 | 18.5 | 7.081 | 12.5 | 12.58 | 34.05 | 5.0096 |
| 31-32 | 19.1 | 7.081 | 12.5 | 12.51 | 33.20 | 4.934 |
| 32-33 | 19.7 | 7.081 | 12.5 | 12.43 | 32.40 | 4.8594 |
| 33-34 | 20.3 | 7.081 | 12.5 | 12.34 | 31.62 | 4.7857 |

| akibat timbunan | Q = | 10.25 | t/m | | | |
|-----------------|------|--------|--------|------------|------------|-----------------|
| kedalaman | z | a | b | α_1 | α_2 | $\Delta\sigma'$ |
| (m) | (m) | (m) | (m) | | | (t/m2) |
| 0-1 | 0.5 | 11.081 | 12.500 | 1.08 | 87.71 | 10.25 |
| 1-2 | 1.1 | 11.081 | 12.5 | 2.36 | 84.97 | 10.249 |
| 2-3 | 1.7 | 11.081 | 12.5 | 3.62 | 82.26 | 10.246 |
| 3-4 | 2.3 | 11.081 | 12.5 | 4.86 | 79.57 | 10.239 |
| 4-5 | 2.9 | 11.081 | 12.5 | 6.05 | 76.94 | 10.229 |
| 5-6 | 3.5 | 11.081 | 12.5 | 7.20 | 74.36 | 10.213 |
| 6-7 | 4.1 | 11.081 | 12.5 | 8.30 | 71.84 | 10.193 |
| 7-8 | 4.7 | 11.081 | 12.5 | 9.33 | 69.39 | 10.165 |
| 8-9 | 5.3 | 11.081 | 12.5 | 10.31 | 67.02 | 10.132 |
| 9-10 | 5.9 | 11.081 | 12.5 | 11.22 | 64.73 | 10.092 |
| 10-11 | 6.5 | 11.081 | 12.5 | 12.06 | 62.53 | 10.045 |
| 11-12 | 7.1 | 11.081 | 12.5 | 12.84 | 60.40 | 9.9912 |
| 12-13 | 7.7 | 11.081 | 12.5 | 13.55 | 58.37 | 9.9312 |
| 13-14 | 8.3 | 11.081 | 12.5 | 14.19 | 56.42 | 9.865 |
| 14-15 | 8.9 | 11.081 | 12.5 | 14.77 | 54.55 | 9.793 |
| 15-16 | 9.5 | 11.081 | 12.5 | 15.29 | 52.77 | 9.7156 |
| 16-17 | 10.1 | 11.081 | 12.5 | 15.75 | 51.06 | 9.6331 |
| 17-18 | 10.7 | 11.081 | 12.5 | 16.16 | 49.44 | 9.5461 |
| 18-19 | 11.3 | 11.081 | 12.5 | 16.51 | 47.89 | 9.4551 |
| 19-20 | 11.9 | 11.081 | 12.5 | 16.81 | 46.41 | 9.3605 |
| 20-21 | 12.5 | 11.081 | 12.5 | 17.07 | 45.00 | 9.2627 |
| 21-22 | 13.1 | 11.081 | 12.5 | 17.29 | 43.66 | 9.1623 |
| 22-23 | 13.7 | 11.081 | 12.5 | 17.47 | 42.38 | 9.0596 |
| 23-24 | 14.3 | 11.081 | 12.5 | 17.61 | 41.16 | 8.9551 |
| 24-25 | 14.9 | 11.081 | 12.5 | 17.72 | 39.99 | 8.8492 |
| 25-26 | 15.5 | 11.081 | 12.5 | 17.80 | 38.88 | 8.7421 |
| 26-27 | 16.1 | 11.081 | 12.5 | 17.85 | 37.83 | 8.6343 |
| 27-28 | 16.7 | 11.081 | 12.5 | 17.88 | 36.81 | 8.526 |
| 28-29 | 17.3 | 11.081 | 12.5 | 17.89 | 35.85 | 8.4175 |
| 29-30 | 17.9 | 11.081 | 12.5 | 17.87 | 34.93 | 8.3091 |
| 30-31 | 18.5 | 11.081 | 12.5 | 17.84 | 34.05 | 8.2009 |
| 31-32 | 19.1 | 11.081 | 12.5 | 17.79 | 33.20 | 8.0932 |
| 32-33 | 19.7 | 11.081 | 12.5 | 17.73 | 32.40 | 7.9862 |
| 33-34 | 20.3 | 11.081 | 12.5 | 17.65 | 31.62 | 7.8799 |

| akibat timbunan | Q = | 13.95 | t/m | | | |
|-----------------|------|--------|--------|------------|------------|-----------------|
| kedalaman | z | a | b | α_1 | α_2 | $\Delta\sigma'$ |
| (m) | (m) | (m) | (m) | | | (t/m2) |
| 0-1 | 0.5 | 15.081 | 12.500 | 1.25 | 87.71 | 13.95 |
| 1-2 | 1.1 | 15.081 | 12.5 | 2.75 | 84.97 | 13.949 |
| 2-3 | 1.7 | 15.081 | 12.5 | 4.22 | 82.26 | 13.945 |
| 3-4 | 2.3 | 15.081 | 12.5 | 5.66 | 79.57 | 13.938 |
| 4-5 | 2.9 | 15.081 | 12.5 | 7.06 | 76.94 | 13.927 |
| 5-6 | 3.5 | 15.081 | 12.5 | 8.41 | 74.36 | 13.909 |
| 6-7 | 4.1 | 15.081 | 12.5 | 9.70 | 71.84 | 13.886 |
| 7-8 | 4.7 | 15.081 | 12.5 | 10.94 | 69.39 | 13.856 |
| 8-9 | 5.3 | 15.081 | 12.5 | 12.10 | 67.02 | 13.818 |
| 9-10 | 5.9 | 15.081 | 12.5 | 13.19 | 64.73 | 13.773 |
| 10-11 | 6.5 | 15.081 | 12.5 | 14.21 | 62.53 | 13.721 |
| 11-12 | 7.1 | 15.081 | 12.5 | 15.16 | 60.40 | 13.66 |
| 12-13 | 7.7 | 15.081 | 12.5 | 16.03 | 58.37 | 13.592 |
| 13-14 | 8.3 | 15.081 | 12.5 | 16.84 | 56.42 | 13.517 |
| 14-15 | 8.9 | 15.081 | 12.5 | 17.57 | 54.55 | 13.435 |
| 15-16 | 9.5 | 15.081 | 12.5 | 18.23 | 52.77 | 13.346 |
| 16-17 | 10.1 | 15.081 | 12.5 | 18.83 | 51.06 | 13.251 |
| 17-18 | 10.7 | 15.081 | 12.5 | 19.36 | 49.44 | 13.151 |
| 18-19 | 11.3 | 15.081 | 12.5 | 19.83 | 47.89 | 13.045 |
| 19-20 | 11.9 | 15.081 | 12.5 | 20.25 | 46.41 | 12.935 |
| 20-21 | 12.5 | 15.081 | 12.5 | 20.62 | 45.00 | 12.82 |
| 21-22 | 13.1 | 15.081 | 12.5 | 20.94 | 43.66 | 12.702 |
| 22-23 | 13.7 | 15.081 | 12.5 | 21.21 | 42.38 | 12.58 |
| 23-24 | 14.3 | 15.081 | 12.5 | 21.44 | 41.16 | 12.456 |
| 24-25 | 14.9 | 15.081 | 12.5 | 21.63 | 39.99 | 12.33 |
| 25-26 | 15.5 | 15.081 | 12.5 | 21.78 | 38.88 | 12.201 |
| 26-27 | 16.1 | 15.081 | 12.5 | 21.90 | 37.83 | 12.071 |
| 27-28 | 16.7 | 15.081 | 12.5 | 21.99 | 36.81 | 11.94 |
| 28-29 | 17.3 | 15.081 | 12.5 | 22.05 | 35.85 | 11.808 |
| 29-30 | 17.9 | 15.081 | 12.5 | 22.09 | 34.93 | 11.675 |
| 30-31 | 18.5 | 15.081 | 12.5 | 22.10 | 34.05 | 11.543 |
| 31-32 | 19.1 | 15.081 | 12.5 | 22.09 | 33.20 | 11.41 |
| 32-33 | 19.7 | 15.081 | 12.5 | 22.07 | 32.40 | 11.277 |
| 33-34 | 20.3 | 15.081 | 12.5 | 22.02 | 31.62 | 11.145 |

| akibat timbunan kedalaman | z | Q = a ₁ | b ₁ | t/m | a ₂ | Δσ' |
|------------------------------|------|-----------------------|----------------|-------|----------------|--------|
| | (m) | (m) | (m) | | | (t/m2) |
| 0-1 | 0.5 | 19.081 | 12.500 | 1.38 | 87.71 | 17.65 |
| 1-2 | 1.1 | 19.081 | 12.5 | 3.03 | 84.97 | 17.645 |
| 2-3 | 1.7 | 19.081 | 12.5 | 4.66 | 82.26 | 17.641 |
| 3-4 | 2.3 | 19.081 | 12.5 | 6.26 | 79.57 | 17.633 |
| 4-5 | 2.9 | 19.081 | 12.5 | 7.81 | 76.94 | 17.625 |
| 5-6 | 3.5 | 19.081 | 12.5 | 9.32 | 74.36 | 17.607 |
| 6-7 | 4.1 | 19.081 | 12.5 | 10.76 | 71.84 | 17.582 |
| 7-8 | 4.7 | 19.081 | 12.5 | 12.14 | 69.39 | 17.55 |
| 8-9 | 5.3 | 19.081 | 12.5 | 13.45 | 67.02 | 17.51 |
| 9-10 | 5.9 | 19.081 | 12.5 | 14.69 | 64.73 | 17.461 |
| 10-11 | 6.5 | 19.081 | 12.5 | 15.84 | 62.53 | 17.405 |
| 11-12 | 7.1 | 19.081 | 12.5 | 16.93 | 60.40 | 17.34 |
| 12-13 | 7.7 | 19.081 | 12.5 | 17.93 | 58.37 | 17.266 |
| 13-14 | 8.3 | 19.081 | 12.5 | 18.86 | 56.42 | 17.185 |
| 14-15 | 8.9 | 19.081 | 12.5 | 19.71 | 54.55 | 17.096 |
| 15-16 | 9.5 | 19.081 | 12.5 | 20.49 | 52.77 | 16.999 |
| 16-17 | 10.1 | 19.081 | 12.5 | 21.20 | 51.06 | 16.896 |
| 17-18 | 10.7 | 19.081 | 12.5 | 21.85 | 49.44 | 16.786 |
| 18-19 | 11.3 | 19.081 | 12.5 | 22.43 | 47.89 | 16.67 |
| 19-20 | 11.9 | 19.081 | 12.5 | 22.94 | 46.41 | 16.549 |
| 20-21 | 12.5 | 19.081 | 12.5 | 23.41 | 45.00 | 16.422 |
| 21-22 | 13.1 | 19.081 | 12.5 | 23.81 | 43.66 | 16.291 |
| 22-23 | 13.7 | 19.081 | 12.5 | 24.17 | 42.38 | 16.156 |
| 23-24 | 14.3 | 19.081 | 12.5 | 24.48 | 41.16 | 16.018 |
| 24-25 | 14.9 | 19.081 | 12.5 | 24.75 | 39.99 | 15.876 |
| 25-26 | 15.5 | 19.081 | 12.5 | 24.97 | 38.88 | 15.732 |
| 26-27 | 16.1 | 19.081 | 12.5 | 25.16 | 37.83 | 15.585 |
| 27-28 | 16.7 | 19.081 | 12.5 | 25.32 | 36.81 | 15.437 |
| 28-29 | 17.3 | 19.081 | 12.5 | 25.44 | 35.85 | 15.287 |
| 29-30 | 17.9 | 19.081 | 12.5 | 25.53 | 34.93 | 15.136 |
| 30-31 | 18.5 | 19.081 | 12.5 | 25.59 | 34.05 | 14.984 |
| 31-32 | 19.1 | 19.081 | 12.5 | 25.63 | 33.20 | 14.831 |
| 32-33 | 19.7 | 19.081 | 12.5 | 25.65 | 32.40 | 14.678 |
| 33-34 | 20.3 | 19.081 | 12.5 | 25.64 | 31.62 | 14.525 |

Tabel 4 Tabel Hasil Perhitungan *Settlement* Untuk Tiap Q Total

| q total | 6.550 | (t/m2) | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|---------|------------|-------|--------|--------|-----------|------------|--------|-------|-----|---------|-------|
| kedalaman | Hi | Co | Cs | eo | σ'o | Δσ' | Δσ' + σ'o | Pfluktuasi | σ'c | | OCR | rumus | SC |
| (m) | (m) | | | | (t/m2) | (t/m2) | (t/m2) | (t/m2) | (t/m2) | | | SC | (m) |
| 0-1 | 1 | 0.81484 | 0.17291392 | 1.986 | 0.278 | 6.550 | 6.828 | 1.5 | 1.778 | 6.402 | OC | RUMUS 2 | 0.206 |
| 1-2 | 1 | 0.81484 | 0.17291392 | 1.986 | 0.833 | 6.549 | 7.382 | 1.5 | 2.333 | 2.801 | OC | RUMUS 2 | 0.162 |
| 2-3 | 1 | 0.81484 | 0.17291392 | 1.986 | 1.388 | 6.546 | 7.935 | 1.5 | 2.888 | 2.080 | OC | RUMUS 2 | 0.138 |
| 3-4 | 1 | 0.81484 | 0.17291392 | 1.986 | 1.944 | 6.541 | 8.485 | 1.5 | 3.444 | 1.772 | OC | RUMUS 2 | 0.121 |
| 4-5 | 1 | 0.78527 | 0.17523 | 1.85 | 2.506 | 6.533 | 9.039 | 1.5 | 4.006 | 1.599 | OC | RUMUS 2 | 0.110 |
| 5-6 | 1 | 0.78527 | 0.17523 | 1.85 | 3.076 | 6.520 | 9.596 | 1.5 | 4.576 | 1.488 | OC | RUMUS 2 | 0.099 |
| 6-7 | 1 | 0.74006 | 0.16667058 | 1.773 | 3.657 | 6.503 | 10.160 | 1.5 | 5.157 | 1.410 | OC | RUMUS 2 | 0.088 |
| 7-8 | 1 | 0.74006 | 0.16667058 | 1.773 | 4.250 | 6.481 | 10.731 | 1.5 | 5.750 | 1.353 | OC | RUMUS 2 | 0.080 |
| 8-9 | 1 | 0.74006 | 0.16667058 | 1.773 | 4.844 | 6.454 | 11.298 | 1.5 | 6.344 | 1.310 | OC | RUMUS 2 | 0.074 |
| 9-10 | 1 | 0.74006 | 0.16667058 | 1.773 | 5.437 | 6.422 | 11.859 | 1.5 | 6.937 | 1.276 | OC | RUMUS 2 | 0.069 |
| 10-11 | 1 | 0.72122 | 0.16039058 | 1.773 | 6.034 | 6.384 | 12.418 | 1.5 | 7.534 | 1.249 | OC | RUMUS 2 | 0.062 |
| 11-12 | 1 | 0.72122 | 0.16039058 | 1.773 | 6.634 | 6.341 | 12.975 | 1.5 | 8.134 | 1.226 | OC | RUMUS 2 | 0.058 |
| 12-13 | 1 | 0.72122 | 0.16039058 | 1.773 | 7.234 | 6.294 | 13.528 | 1.5 | 8.734 | 1.207 | OC | RUMUS 2 | 0.054 |
| 13-14 | 1 | 0.70688 | 0.15799072 | 1.744 | 7.833 | 6.242 | 14.075 | 1.5 | 9.333 | 1.191 | OC | RUMUS 2 | 0.050 |
| 14-15 | 1 | 0.70688 | 0.15799072 | 1.744 | 8.432 | 6.185 | 14.617 | 1.5 | 9.932 | 1.178 | OC | RUMUS 2 | 0.047 |
| 15-16 | 1 | 0.70688 | 0.15799072 | 1.744 | 9.030 | 6.125 | 15.156 | 1.5 | 10.530 | 1.166 | OC | RUMUS 2 | 0.045 |
| 16-17 | 1 | 0.69447 | 0.15627592 | 1.714 | 9.631 | 6.061 | 15.693 | 1.5 | 11.131 | 1.156 | OC | RUMUS 2 | 0.042 |
| 17-18 | 1 | 0.69447 | 0.15627592 | 1.714 | 10.235 | 5.995 | 16.229 | 1.5 | 11.735 | 1.147 | OC | RUMUS 2 | 0.039 |
| 18-19 | 1 | 0.60957 | 0.14282578 | 1.517 | 10.860 | 5.925 | 16.785 | 1.5 | 12.360 | 1.138 | OC | RUMUS 2 | 0.035 |
| 19-20 | 1 | 0.60957 | 0.14282578 | 1.517 | 11.509 | 5.854 | 17.362 | 1.5 | 13.009 | 1.130 | OC | RUMUS 2 | 0.033 |
| 20-21 | 1 | 0.60957 | 0.14282578 | 1.517 | 12.157 | 5.780 | 17.937 | 1.5 | 13.657 | 1.123 | OC | RUMUS 2 | 0.032 |
| 21-22 | 1 | 0.60957 | 0.14282578 | 1.517 | 12.805 | 5.705 | 18.510 | 1.5 | 14.305 | 1.117 | OC | RUMUS 2 | 0.030 |
| 22-23 | 1 | 0.69245 | 0.15821522 | 1.681 | 13.437 | 5.629 | 19.065 | 1.5 | 14.937 | 1.112 | OC | RUMUS 2 | 0.030 |
| 23-24 | 1 | 0.69245 | 0.15821522 | 1.681 | 14.051 | 5.552 | 19.603 | 1.5 | 15.551 | 1.107 | OC | RUMUS 2 | 0.029 |
| 24-25 | 1 | 0.69245 | 0.15821522 | 1.681 | 14.666 | 5.474 | 20.140 | 1.5 | 16.166 | 1.102 | OC | RUMUS 2 | 0.027 |
| 25-26 | 1 | 0.56105 | 0.14055272 | 1.306 | 15.331 | 5.396 | 20.727 | 1.5 | 16.831 | 1.098 | OC | RUMUS 2 | 0.024 |
| 26-27 | 1 | 0.56105 | 0.14055272 | 1.306 | 16.048 | 5.318 | 21.366 | 1.5 | 17.548 | 1.093 | OC | RUMUS 2 | 0 |

Tabel 4 Tabel Hasil Perhitungan *Settlement* Untuk Tiap Q Total
(Lanjutan)

| q total 10.250 (t/m2) | | | | | | | | | | | | | q total 13.950 (t/m2) | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------|---------|------------|-------|---------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------|-------|-------|-----------|-----------------------|-----------|----|--------|--------|---------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------|--------|-------|-----------|---------|-------|
| kedalaman (m) | Hi (m) | Cc | Cs | eo | σ'o (t/m2) | Δσ' (t/m2) | Δσ' + σ'o (t/m2) | Pfluktuas (t/m2) | σ'o (t/m2) | OCR | rumus | SC (m) | kedalaman (m) | Hi (m) | Cc | Cs | eo | σ'o (t/m2) | Δσ' (t/m2) | Δσ' + σ'o (t/m2) | Pfluktuas (t/m2) | σ'o (t/m2) | OCR | rumus | SC (m) | | |
| 0-1 | 1 | 0.8148 | 0.1729 | 1.986 | 0.278 | 10.250 | 10.528 | 15 | 1.778 | 6.402 | OC | RUMUS 2 | 0.257 | 0-1 | 1 | 0.8148 | 0.1729 | 1.986 | 0.278 | 13.950 | 14.228 | 15 | 1.778 | 6.402 | OC | RUMUS 2 | 0.293 |
| 1-2 | 1 | 0.8148 | 0.1729 | 1.986 | 0.833 | 10.249 | 11.082 | 15 | 2.333 | 2.801 | OC | RUMUS 2 | 0.211 | 1-2 | 1 | 0.8148 | 0.1729 | 1.986 | 0.833 | 13.949 | 14.782 | 15 | 2.333 | 2.801 | OC | RUMUS 2 | 0.245 |
| 2-3 | 1 | 0.8148 | 0.1729 | 1.986 | 1.388 | 10.246 | 11.634 | 15 | 2.888 | 2.080 | OC | RUMUS 2 | 0.184 | 2-3 | 1 | 0.8148 | 0.1729 | 1.986 | 1.388 | 13.945 | 15.334 | 15 | 2.888 | 2.080 | OC | RUMUS 2 | 0.216 |
| 3-4 | 1 | 0.8148 | 0.1729 | 1.986 | 1.944 | 10.239 | 12.183 | 15 | 3.444 | 1.772 | OC | RUMUS 2 | 0.164 | 3-4 | 1 | 0.8148 | 0.1729 | 1.986 | 1.944 | 13.938 | 15.882 | 15 | 3.444 | 1.772 | OC | RUMUS 2 | 0.196 |
| 4-5 | 1 | 0.7853 | 0.1752 | 1.85 | 2.506 | 10.229 | 12.735 | 15 | 4.006 | 1.599 | OC | RUMUS 2 | 0.151 | 4-5 | 1 | 0.7853 | 0.1752 | 1.85 | 2.506 | 13.927 | 16.433 | 15 | 4.006 | 1.599 | OC | RUMUS 2 | 0.181 |
| 5-6 | 1 | 0.7853 | 0.1752 | 1.85 | 3.076 | 10.213 | 13.289 | 15 | 4.576 | 1.488 | OC | RUMUS 2 | 0.138 | 5-6 | 1 | 0.7853 | 0.1752 | 1.85 | 3.076 | 13.909 | 16.985 | 15 | 4.576 | 1.488 | OC | RUMUS 2 | 0.168 |
| 6-7 | 1 | 0.7401 | 0.1667 | 1.773 | 3.657 | 10.193 | 13.850 | 15 | 5.157 | 1.410 | OC | RUMUS 2 | 0.123 | 6-7 | 1 | 0.7401 | 0.1667 | 1.773 | 3.657 | 13.886 | 17.543 | 15 | 5.157 | 1.410 | OC | RUMUS 2 | 0.151 |
| 7-8 | 1 | 0.7401 | 0.1667 | 1.773 | 4.250 | 10.165 | 14.416 | 15 | 5.750 | 1.353 | OC | RUMUS 2 | 0.114 | 7-8 | 1 | 0.7401 | 0.1667 | 1.773 | 4.250 | 13.856 | 18.106 | 15 | 5.750 | 1.353 | OC | RUMUS 2 | 0.141 |
| 8-9 | 1 | 0.7401 | 0.1667 | 1.773 | 4.844 | 10.132 | 14.976 | 15 | 6.344 | 1.310 | OC | RUMUS 2 | 0.107 | 8-9 | 1 | 0.7401 | 0.1667 | 1.773 | 4.844 | 13.818 | 18.662 | 15 | 6.344 | 1.310 | OC | RUMUS 2 | 0.131 |
| 9-10 | 1 | 0.7401 | 0.1667 | 1.773 | 5.437 | 10.092 | 15.529 | 15 | 6.937 | 1.276 | OC | RUMUS 2 | 0.100 | 9-10 | 1 | 0.7401 | 0.1667 | 1.773 | 5.437 | 13.773 | 19.210 | 15 | 6.937 | 1.276 | OC | RUMUS 2 | 0.124 |
| 10-11 | 1 | 0.7212 | 0.1604 | 1.773 | 6.034 | 10.045 | 16.078 | 15 | 7.534 | 1.249 | OC | RUMUS 2 | 0.091 | 10-11 | 1 | 0.7212 | 0.1604 | 1.773 | 6.034 | 13.721 | 19.754 | 15 | 7.534 | 1.249 | OC | RUMUS 2 | 0.114 |
| 11-12 | 1 | 0.7212 | 0.1604 | 1.773 | 6.634 | 9.991 | 16.625 | 15 | 8.134 | 1.226 | OC | RUMUS 2 | 0.086 | 11-12 | 1 | 0.7212 | 0.1604 | 1.773 | 6.634 | 13.660 | 20.294 | 15 | 8.134 | 1.226 | OC | RUMUS 2 | 0.108 |
| 12-13 | 1 | 0.7212 | 0.1604 | 1.773 | 7.234 | 9.931 | 17.165 | 15 | 8.734 | 1.207 | OC | RUMUS 2 | 0.081 | 12-13 | 1 | 0.7212 | 0.1604 | 1.773 | 7.234 | 13.592 | 20.826 | 15 | 8.734 | 1.207 | OC | RUMUS 2 | 0.103 |
| 13-14 | 1 | 0.7069 | 0.158 | 1.744 | 7.833 | 9.865 | 17.698 | 15 | 9.333 | 1.191 | OC | RUMUS 2 | 0.076 | 13-14 | 1 | 0.7069 | 0.158 | 1.744 | 7.833 | 13.517 | 21.350 | 15 | 9.333 | 1.191 | OC | RUMUS 2 | 0.097 |
| 14-15 | 1 | 0.7069 | 0.158 | 1.744 | 8.432 | 9.793 | 18.225 | 15 | 9.932 | 1.178 | OC | RUMUS 2 | 0.072 | 14-15 | 1 | 0.7069 | 0.158 | 1.744 | 8.432 | 13.435 | 21.867 | 15 | 9.932 | 1.178 | OC | RUMUS 2 | 0.092 |
| 15-16 | 1 | 0.7069 | 0.158 | 1.744 | 9.030 | 9.716 | 18.746 | 15 | 10.530 | 1.166 | OC | RUMUS 2 | 0.068 | 15-16 | 1 | 0.7069 | 0.158 | 1.744 | 9.030 | 13.346 | 22.376 | 15 | 10.530 | 1.166 | OC | RUMUS 2 | 0.088 |
| 16-17 | 1 | 0.6945 | 0.1563 | 1.714 | 9.631 | 9.633 | 19.264 | 15 | 11.131 | 1.156 | OC | RUMUS 2 | 0.065 | 16-17 | 1 | 0.6945 | 0.1563 | 1.714 | 9.631 | 13.251 | 22.883 | 15 | 11.131 | 1.156 | OC | RUMUS 2 | 0.084 |
| 17-18 | 1 | 0.6945 | 0.1563 | 1.714 | 10.235 | 9.546 | 19.781 | 15 | 11.735 | 1.147 | OC | RUMUS 2 | 0.061 | 17-18 | 1 | 0.6945 | 0.1563 | 1.714 | 10.235 | 13.151 | 23.385 | 15 | 11.735 | 1.147 | OC | RUMUS 2 | 0.080 |
| 18-19 | 1 | 0.6096 | 0.1428 | 1.517 | 10.860 | 9.455 | 20.315 | 15 | 12.360 | 1.138 | OC | RUMUS 2 | 0.055 | 18-19 | 1 | 0.6096 | 0.1428 | 1.517 | 10.860 | 13.045 | 23.905 | 15 | 12.360 | 1.138 | OC | RUMUS 2 | 0.073 |
| 19-20 | 1 | 0.6096 | 0.1428 | 1.517 | 11.509 | 9.360 | 20.869 | 15 | 13.009 | 1.130 | OC | RUMUS 2 | 0.053 | 19-20 | 1 | 0.6096 | 0.1428 | 1.517 | 11.509 | 12.935 | 24.443 | 15 | 13.009 | 1.130 | OC | RUMUS 2 | 0.069 |
| 20-21 | 1 | 0.6096 | 0.1428 | 1.517 | 12.157 | 9.263 | 21.420 | 15 | 13.657 | 1.123 | OC | RUMUS 2 | 0.050 | 20-21 | 1 | 0.6096 | 0.1428 | 1.517 | 12.157 | 12.820 | 24.977 | 15 | 13.657 | 1.123 | OC | RUMUS 2 | 0.066 |
| 21-22 | 1 | 0.6096 | 0.1428 | 1.517 | 12.805 | 9.162 | 21.968 | 15 | 14.305 | 1.117 | OC | RUMUS 2 | 0.048 | 21-22 | 1 | 0.6096 | 0.1428 | 1.517 | 12.805 | 12.702 | 25.507 | 15 | 14.305 | 1.117 | OC | RUMUS 2 | 0.064 |
| 22-23 | 1 | 0.6924 | 0.1582 | 1.681 | 13.437 | 9.060 | 22.496 | 15 | 14.937 | 1.112 | OC | RUMUS 2 | 0.049 | 22-23 | 1 | 0.6924 | 0.1582 | 1.681 | 13.437 | 12.580 | 26.017 | 15 | 14.937 | 1.112 | OC | RUMUS 2 | 0.065 |
| 23-24 | 1 | 0.6924 | 0.1582 | 1.681 | 14.051 | 8.955 | 23.006 | 15 | 15.551 | 1.107 | OC | RUMUS 2 | 0.047 | 23-24 | 1 | 0.6924 | 0.1582 | 1.681 | 14.051 | 12.456 | 26.507 | 15 | 15.551 | 1.107 | OC | RUMUS 2 | 0.062 |
| 24-25 | 1 | 0.6924 | 0.1582 | 1.681 | 14.666 | 8.849 | 23.515 | 15 | 16.166 | 1.102 | OC | RUMUS 2 | 0.045 | 24-25 | 1 | 0.6924 | 0.1582 | 1.681 | 14.666 | 12.330 | 26.995 | 15 | 16.166 | 1.102 | OC | RUMUS 2 | 0.060 |
| 25-26 | 1 | 0.5611 | 0.1406 | 1.306 | 15.331 | 8.742 | 24.073 | 15 | 16.831 | 1.098 | OC | RUMUS 2 | 0.040 | 25-26 | 1 | 0.5611 | 0.1406 | 1.306 | 15.331 | 12.201 | 27.533 | 15 | 16.831 | 1.098 | OC | RUMUS 2 | 0.054 |
| 26-27 | 1 | 0.5611 | 0.1406 | 1.306 | 16.048 | 8.634 | 24.682 | 15 | 17.548 | 1.093 | OC | RUMUS 2 | 0.038 | 26-27 | 1 | 0.5611 | 0.1406 | 1.306 | 16.048 | 12.071 | 28.119 | 15 | 17.548 | 1.093 | OC | RUMUS 2 | 0.052 |
| 27-28 | 1 | 0.4186 | 0.1083 | 1.027 | 16.806 | 8.526 | 25.332 | 15 | 18.306 | 1.089 | OC | RUMUS 2 | 0.031 | 27-28 | 1 | 0.4186 | 0.1083 | 1.027 | 16.806 | 11.940 | 28.746 | 15 | 18.306 | 1.089 | OC | RUMUS 2 | 0.042 |
| 28-29 | 1 | 0.4186 | 0.1083 | 1.027 | 17.604 | 8.418 | 26.022 | 15 | 19.104 | 1.085 | OC | RUMUS 2 | 0.030 | 28-29 | 1 | 0.4186 | 0.1083 | 1.027 | 17.604 | 11.808 | 29.412 | 15 | 19.104 | 1.085 | OC | RUMUS 2 | 0.041 |
| 29-30 | 1 | 0.4186 | 0.1083 | 1.027 | 18.403 | 8.309 | 26.712 | 15 | 19.903 | 1.082 | OC | RUMUS 2 | 0.028 | 29-30 | 1 | 0.4186 | 0.1083 | 1.027 | 18.403 | 11.675 | 30.078 | 15 | 19.903 | 1.082 | OC | RUMUS 2 | 0.039 |
| 2.663 | | | | | | | | | | | | | 3.302 | | | | | | | | | | | | | | |
| q total 17.850 (t/m2) | | | | | | | | | | | | | q total 21.350 (t/m2) | | | | | | | | | | | | | | |
| kedalaman (m) | Hi (m) | Cc | Cs | eo | σ'o (t/m2) | Δσ' (t/m2) | Δσ' + σ'o (t/m2) | Pfluktuas (t/m2) | σ'o (t/m2) | OCR | rumus | SC (m) | kedalaman (m) | Hi (m) | Cc | Cs | eo | σ'o (t/m2) | Δσ' (t/m2) | Δσ' + σ'o (t/m2) | Pfluktuas (t/m2) | σ'o (t/m2) | OCR | rumus | SC (m) | | |
| 0-1 | 1 | 0.81484 | 0.17291392 | 1.986 | 0.278 | 17.850 | 17.928 | 15 | 1.778 | 6.402 | OC | RUMUS 2 | 0.321 | 0-1 | 1 | 0.8148 | 0.1729 | 1.986 | 0.278 | 21.350 | 21.628 | 15 | 1.778 | 6.402 | OC | RUMUS 2 | 0.343 |
| 1-2 | 1 | 0.81484 | 0.17291392 | 1.986 | 0.833 | 17.849 | 18.482 | 15 | 2.333 | 2.801 | OC | RUMUS 2 | 0.271 | 1-2 | 1 | 0.8148 | 0.1729 | 1.986 | 0.833 | 21.349 | 22.162 | 15 | 2.333 | 2.801 | OC | RUMUS 2 | 0.293 |
| 2-3 | 1 | 0.81484 | 0.17291392 | 1.986 | 1.388 | 17.845 | 19.033 | 15 | 2.888 | 2.080 | OC | RUMUS 2 | 0.242 | 2-3 | 1 | 0.8148 | 0.1729 | 1.986 | 1.388 | 21.345 | 22.733 | 15 | 2.888 | 2.080 | OC | RUMUS 2 | 0.263 |
| 3-4 | 1 | 0.81484 | 0.17291392 | 1.986 | 1.944 | 17.837 | 19.581 | 15 | 3.444 | 1.772 | OC | RUMUS 2 | 0.220 | 3-4 | 1 | 0.8148 | 0.1729 | 1.986 | 1.944 | 21.337 | 23.281 | 15 | 3.444 | 1.772 | OC | RUMUS 2 | 0.241 |
| 4-5 | 1 | 0.78527 | 0.17523 | 1.85 | 2.506 | 17.825 | 20.131 | 15 | 4.006 | 1.599 | OC | RUMUS 2 | 0.206 | 4-5 | 1 | 0.7853 | 0.1752 | 1.85 | 2.506 | 21.324 | 23.830 | 15 | 4.006 | 1.599 | OC | RUMUS 2 | 0.226 |
| 5-6 | 1 | 0.78527 | 0.17523 | 1.85 | 3.076 | 17.807 | 20.683 | 15 | 4.576 | 1.488 | OC | RUMUS 2 | 0.191 | 5-6 | 1 | 0.7853 | 0.1752 | 1.85 | 3.076 | 21.305 | 24.381 | 15 | 4.576 | 1.488 | OC | RUMUS 2 | 0.211 |
| 6-7 | 1 | 0.74006 | 0.16667058 | 1.773 | 3.657 | 17.582 | 21.239 | 15 | 5.157 | 1.410 | OC | RUMUS 2 | 0.173 | 6-7 | 1 | 0.7401 | 0.1667 | 1.773 | 3.657 | 21.279 | 24.936 | 15 | 5.157 | 1.410 | OC | RUMUS 2 | 0.192 |
| 7-8 | 1 | 0.74006 | 0.16667058 | 1.773 | 4.250 | 17.550 | 21.800 | 15 | 5.750 | 1.353 | OC | RUMUS 2 | 0.162 | 7-8 | 1 | 0.7401 | 0.1667 | 1.773 | 4.250 | 21.246 | 2 | | | | | | |

Tabel 4 Tabel Hasil Perhitungan *Settlement* Untuk Tiap Q Total
(Lanjutan)

| q total | 25.050 | (t/m2) | | | | | | | | | | | | | q total | 2.850 | (t/m2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|-------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|---------|--------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|-------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Tabel 5 Tabel Rekapitulasi *Settlement*

| H timb (m) | Q total (t/m2) | Sc (m) | H inisial (m) | H traffic (m) | H final |
|---------------|-------------------|-----------|------------------|------------------|---------|
| 1.541 | 2.85 | 0.753 | 3.24753353 | 0.541 | 1.954 |
| 3.541 | 6.55 | 1.861 | 7.532418008 | 0.541 | 5.130 |
| 5.541 | 10.25 | 2.663 | 11.65553735 | 0.541 | 8.452 |
| 7.541 | 13.95 | 3.302 | 15.69256891 | 0.541 | 11.850 |
| 9.541 | 17.65 | 3.835 | 19.67394769 | 0.541 | 15.299 |
| 11.541 | 21.350 | 4.293 | 23.61585435 | 0.541 | 18.782 |
| 13.541 | 25.050 | 4.695 | 27.52814474 | 0.541 | 22.292 |

Tabel 6 Hasil Perhitungan Faktor Hambatan (Fn)
dengan PVD Pola Persegi

| Jarak PVD (S) (m) | D (cm) | n | F(n) |
|----------------------|--------|----|---------|
| 0.8 | 90.4 | 14 | 1.8674 |
| 1 | 113 | 17 | 2.08665 |
| 1.1 | 124.3 | 19 | 2.18066 |
| 1.2 | 135.6 | 20 | 2.26664 |
| 1.4 | 158.2 | 24 | 2.41407 |
| 1.5 | 169.5 | 25 | 2.48306 |
| 1.6 | 180.8 | 27 | 2.5476 |
| 1.8 | 203.4 | 30 | 2.66538 |
| 2 | 226 | 34 | 2.77074 |

Tabel 7 Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi
dengan PVD Pola Persegi

| S= | 0.8 | m | | | S= | 1 | m | | |
|------------|--------|--------|--------|----------------|------------|--------|--------|--------|---------------|
| t (minggu) | Tv | Uv | Uh | Urata-rata (%) | t (minggu) | Tv | Uv (%) | Uh (%) | Uratarata (%) |
| 1 | 0.0001 | 0.0102 | 0.3202 | 32.713 | 1 | 0.0001 | 0.0102 | 0.1983 | 20.651 |
| 2 | 0.0002 | 0.0144 | 0.5379 | 54.453 | 2 | 0.0002 | 0.0144 | 0.3573 | 36.660 |
| 3 | 0.0002 | 0.0177 | 0.6858 | 69.139 | 3 | 0.0002 | 0.0177 | 0.4848 | 49.389 |
| 4 | 0.0003 | 0.0204 | 0.7864 | 79.079 | 4 | 0.0003 | 0.0204 | 0.5870 | 59.539 |
| 5 | 0.0004 | 0.0228 | 0.8548 | 85.813 | 5 | 0.0004 | 0.0228 | 0.6689 | 67.644 |
| 6 | 0.0005 | 0.0250 | 0.9013 | 90.377 | 6 | 0.0005 | 0.0250 | 0.7345 | 74.118 |
| 7 | 0.0006 | 0.0270 | 0.9329 | 93.472 | 7 | 0.0006 | 0.0270 | 0.7872 | 79.294 |
| 8 | 0.0007 | 0.0289 | 0.9544 | 95.571 | 8 | 0.0007 | 0.0289 | 0.8294 | 83.432 |
| 9 | 0.0007 | 0.0306 | 0.9690 | 96.994 | 9 | 0.0007 | 0.0306 | 0.8632 | 86.742 |
| 10 | 0.0008 | 0.0323 | 0.9789 | 97.960 | 10 | 0.0008 | 0.0323 | 0.8904 | 89.390 |
| 11 | 0.0009 | 0.0338 | 0.9857 | 98.616 | 11 | 0.0009 | 0.0338 | 0.9121 | 91.508 |
| 12 | 0.0010 | 0.0354 | 0.9903 | 99.060 | 12 | 0.0010 | 0.0354 | 0.9295 | 93.203 |
| 13 | 0.0011 | 0.0368 | 0.9934 | 99.362 | 13 | 0.0011 | 0.0368 | 0.9435 | 94.559 |
| 14 | 0.0011 | 0.0382 | 0.9955 | 99.567 | 14 | 0.0011 | 0.0382 | 0.9547 | 95.644 |
| 15 | 0.0012 | 0.0395 | 0.9969 | 99.706 | 15 | 0.0012 | 0.0395 | 0.9637 | 96.513 |
| 16 | 0.0013 | 0.0408 | 0.9979 | 99.800 | 16 | 0.0013 | 0.0408 | 0.9709 | 97.208 |
| 17 | 0.0014 | 0.0421 | 0.9986 | 99.865 | 17 | 0.0014 | 0.0421 | 0.9767 | 97.765 |
| 18 | 0.0015 | 0.0433 | 0.9990 | 99.908 | 18 | 0.0015 | 0.0433 | 0.9813 | 98.211 |
| 19 | 0.0016 | 0.0445 | 0.9993 | 99.938 | 19 | 0.0016 | 0.0445 | 0.9850 | 98.567 |
| 20 | 0.0016 | 0.0456 | 0.9996 | 99.958 | 20 | 0.0016 | 0.0456 | 0.9880 | 98.853 |
| 21 | 0.0017 | 0.0468 | 0.9997 | 99.971 | 21 | 0.0017 | 0.0468 | 0.9904 | 99.081 |
| 22 | 0.0018 | 0.0479 | 0.9998 | 99.980 | 22 | 0.0018 | 0.0479 | 0.9923 | 99.264 |
| 23 | 0.0019 | 0.0489 | 0.9999 | 99.987 | 23 | 0.0019 | 0.0489 | 0.9938 | 99.411 |
| 24 | 0.0020 | 0.0500 | 0.9999 | 99.991 | 24 | 0.0020 | 0.0500 | 0.9950 | 99.528 |

Tabel 7 Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi
dengan PVD Pola Persegi (Lanjutan)

| S = | 1.1 | m | | | S = | 1.2 | m | | | S = | 1.4 | m | | | S = | 1.5 | m | | |
|------------|--------|--------|--------|---------------|------------|--------|--------|--------|---------------|------------|--------|--------|--------|---------------|------------|--------|--------|--------|---------------|
| t (minggu) | Tv | Uv (%) | Uh (%) | Uratarata (%) | t (minggu) | Tv | Uv (%) | Uh (%) | Uratarata (%) | t (minggu) | Tv | Uv (%) | Uh (%) | Uratarata (%) | t (minggu) | Tv | Uv (%) | Uh (%) | Uratarata (%) |
| 1 | 0.0001 | 0.0102 | 0.1604 | 16.896 | 1 | 0.0001 | 0.0102 | 0.1318 | 14.065 | 1 | 0.0001 | 0.0102 | 0.0929 | 10.214 | 1 | 0.0001 | 0.0102 | 0.0792 | 8.864 |
| 2 | 0.0002 | 0.0144 | 0.2950 | 30.522 | 2 | 0.0002 | 0.0144 | 0.2462 | 25.709 | 2 | 0.0002 | 0.0144 | 0.1771 | 18.902 | 2 | 0.0002 | 0.0144 | 0.1522 | 16.445 |
| 3 | 0.0002 | 0.0177 | 0.4081 | 41.858 | 3 | 0.0002 | 0.0177 | 0.3455 | 35.712 | 3 | 0.0002 | 0.0177 | 0.2536 | 26.677 | 3 | 0.0002 | 0.0177 | 0.2194 | 23.319 |
| 4 | 0.0003 | 0.0204 | 0.5030 | 51.319 | 4 | 0.0003 | 0.0204 | 0.4318 | 44.340 | 4 | 0.0003 | 0.0204 | 0.3229 | 33.673 | 4 | 0.0003 | 0.0204 | 0.2813 | 29.592 |
| 5 | 0.0004 | 0.0228 | 0.5827 | 59.227 | 5 | 0.0004 | 0.0228 | 0.5067 | 51.794 | 5 | 0.0004 | 0.0228 | 0.3858 | 39.981 | 5 | 0.0004 | 0.0228 | 0.3382 | 35.331 |
| 6 | 0.0005 | 0.0250 | 0.6497 | 65.843 | 6 | 0.0005 | 0.0250 | 0.5717 | 58.240 | 6 | 0.0005 | 0.0250 | 0.4428 | 45.678 | 6 | 0.0005 | 0.0250 | 0.3907 | 40.589 |
| 7 | 0.0006 | 0.0270 | 0.7059 | 71.380 | 7 | 0.0006 | 0.0270 | 0.6281 | 63.818 | 7 | 0.0006 | 0.0270 | 0.4946 | 50.825 | 7 | 0.0006 | 0.0270 | 0.4389 | 45.409 |
| 8 | 0.0007 | 0.0289 | 0.7530 | 76.016 | 8 | 0.0007 | 0.0289 | 0.6771 | 68.647 | 8 | 0.0007 | 0.0289 | 0.5415 | 55.478 | 8 | 0.0007 | 0.0289 | 0.4834 | 49.832 |
| 9 | 0.0007 | 0.0306 | 0.7926 | 79.899 | 9 | 0.0007 | 0.0306 | 0.7197 | 72.828 | 9 | 0.0007 | 0.0306 | 0.5841 | 59.686 | 9 | 0.0007 | 0.0306 | 0.5243 | 53.890 |
| 10 | 0.0008 | 0.0323 | 0.8259 | 83.152 | 10 | 0.0008 | 0.0323 | 0.7566 | 76.449 | 10 | 0.0008 | 0.0323 | 0.6228 | 63.493 | 10 | 0.0008 | 0.0323 | 0.5620 | 57.617 |
| 11 | 0.0009 | 0.0338 | 0.8538 | 85.877 | 11 | 0.0009 | 0.0338 | 0.7887 | 79.586 | 11 | 0.0009 | 0.0338 | 0.6578 | 66.938 | 11 | 0.0009 | 0.0338 | 0.5967 | 61.039 |
| 12 | 0.0010 | 0.0354 | 0.8773 | 88.161 | 12 | 0.0010 | 0.0354 | 0.8166 | 82.304 | 12 | 0.0010 | 0.0354 | 0.6896 | 70.056 | 12 | 0.0010 | 0.0354 | 0.6287 | 64.182 |
| 13 | 0.0011 | 0.0368 | 0.8970 | 90.075 | 13 | 0.0011 | 0.0368 | 0.8407 | 84.659 | 13 | 0.0011 | 0.0368 | 0.7184 | 72.878 | 13 | 0.0011 | 0.0368 | 0.6581 | 67.070 |
| 14 | 0.0011 | 0.0382 | 0.9135 | 91.678 | 14 | 0.0011 | 0.0382 | 0.8617 | 86.700 | 14 | 0.0011 | 0.0382 | 0.7446 | 75.432 | 14 | 0.0011 | 0.0382 | 0.6852 | 69.723 |
| 15 | 0.0012 | 0.0395 | 0.9274 | 93.023 | 15 | 0.0012 | 0.0395 | 0.8799 | 88.469 | 15 | 0.0012 | 0.0395 | 0.7683 | 77.745 | 15 | 0.0012 | 0.0395 | 0.7102 | 72.162 |
| 16 | 0.0013 | 0.0408 | 0.9390 | 94.150 | 16 | 0.0013 | 0.0408 | 0.8958 | 90.002 | 16 | 0.0013 | 0.0408 | 0.7898 | 79.840 | 16 | 0.0013 | 0.0408 | 0.7331 | 74.402 |
| 17 | 0.0014 | 0.0421 | 0.9488 | 95.095 | 17 | 0.0014 | 0.0421 | 0.9095 | 91.331 | 17 | 0.0014 | 0.0421 | 0.8093 | 81.736 | 17 | 0.0014 | 0.0421 | 0.7543 | 76.462 |
| 18 | 0.0015 | 0.0433 | 0.9570 | 95.887 | 18 | 0.0015 | 0.0433 | 0.9214 | 92.483 | 18 | 0.0015 | 0.0433 | 0.8270 | 83.454 | 18 | 0.0015 | 0.0433 | 0.7737 | 78.355 |
| 19 | 0.0016 | 0.0445 | 0.9639 | 96.551 | 19 | 0.0016 | 0.0445 | 0.9318 | 93.482 | 19 | 0.0016 | 0.0445 | 0.8431 | 85.009 | 19 | 0.0016 | 0.0445 | 0.7917 | 80.095 |
| 20 | 0.0016 | 0.0456 | 0.9697 | 97.107 | 20 | 0.0016 | 0.0456 | 0.9408 | 94.348 | 20 | 0.0016 | 0.0456 | 0.8577 | 86.418 | 20 | 0.0016 | 0.0456 | 0.8082 | 81.694 |
| 21 | 0.0017 | 0.0468 | 0.9746 | 97.574 | 21 | 0.0017 | 0.0468 | 0.9486 | 95.098 | 21 | 0.0017 | 0.0468 | 0.8709 | 87.694 | 21 | 0.0017 | 0.0468 | 0.8234 | 83.165 |
| 22 | 0.0018 | 0.0479 | 0.9786 | 97.966 | 22 | 0.0018 | 0.0479 | 0.9554 | 95.749 | 22 | 0.0018 | 0.0479 | 0.8829 | 88.850 | 22 | 0.0018 | 0.0479 | 0.8374 | 84.517 |
| 23 | 0.0019 | 0.0489 | 0.9821 | 98.294 | 23 | 0.0019 | 0.0489 | 0.9612 | 96.314 | 23 | 0.0019 | 0.0489 | 0.8938 | 89.897 | 23 | 0.0019 | 0.0489 | 0.8503 | 85.760 |
| 24 | 0.0020 | 0.0500 | 0.9849 | 98.569 | 24 | 0.0020 | 0.0500 | 0.9663 | 96.803 | 24 | 0.0020 | 0.0500 | 0.9036 | 90.846 | 24 | 0.0020 | 0.0500 | 0.8621 | 86.903 |

| S = | 1.6 | m | | | S = | 1.8 | m | | | S = | 2 | m | | |
|------------|--------|--------|--------|---------------|------------|--------|--------|--------|---------------|------------|--------|--------|--------|---------------|
| t (minggu) | Tv | Uv (%) | Uh (%) | Uratarata (%) | t (minggu) | Tv | Uv (%) | Uh (%) | Uratarata (%) | t (minggu) | Tv | Uv (%) | Uh (%) | Uratarata (%) |
| 1 | 0.0001 | 0.0102 | 0.0683 | 7.779 | 1 | 0.0001 | 0.0102 | 0.0520 | 6.169 | 1 | 0.0001 | 0.0102 | 0.0408 | 5.055 |
| 2 | 0.0002 | 0.0144 | 0.1319 | 14.443 | 2 | 0.0002 | 0.0144 | 0.1013 | 11.429 | 2 | 0.0002 | 0.0144 | 0.0799 | 9.315 |
| 3 | 0.0002 | 0.0177 | 0.1912 | 20.548 | 3 | 0.0002 | 0.0177 | 0.1481 | 16.312 | 3 | 0.0002 | 0.0177 | 0.1174 | 13.298 |
| 4 | 0.0003 | 0.0204 | 0.2464 | 26.179 | 4 | 0.0003 | 0.0204 | 0.1924 | 20.885 | 4 | 0.0003 | 0.0204 | 0.1534 | 17.064 |
| 5 | 0.0004 | 0.0228 | 0.2979 | 31.389 | 5 | 0.0004 | 0.0228 | 0.2344 | 25.185 | 5 | 0.0004 | 0.0228 | 0.1879 | 20.640 |
| 6 | 0.0005 | 0.0250 | 0.3458 | 36.216 | 6 | 0.0005 | 0.0250 | 0.2742 | 29.234 | 6 | 0.0005 | 0.0250 | 0.2210 | 24.045 |
| 7 | 0.0006 | 0.0270 | 0.3905 | 40.694 | 7 | 0.0006 | 0.0270 | 0.3119 | 33.052 | 7 | 0.0006 | 0.0270 | 0.2527 | 27.291 |
| 8 | 0.0007 | 0.0289 | 0.4321 | 44.849 | 8 | 0.0007 | 0.0289 | 0.3477 | 36.656 | 8 | 0.0007 | 0.0289 | 0.2832 | 30.389 |
| 9 | 0.0007 | 0.0306 | 0.4709 | 48.708 | 9 | 0.0007 | 0.0306 | 0.3817 | 40.059 | 9 | 0.0007 | 0.0306 | 0.3124 | 33.347 |
| 10 | 0.0008 | 0.0323 | 0.5070 | 52.292 | 10 | 0.0008 | 0.0323 | 0.4138 | 43.274 | 10 | 0.0008 | 0.0323 | 0.3404 | 36.173 |
| 11 | 0.0009 | 0.0338 | 0.5407 | 55.622 | 11 | 0.0009 | 0.0338 | 0.4443 | 46.312 | 11 | 0.0009 | 0.0338 | 0.3673 | 38.875 |
| 12 | 0.0010 | 0.0354 | 0.5720 | 58.716 | 12 | 0.0010 | 0.0354 | 0.4732 | 49.183 | 12 | 0.0010 | 0.0354 | 0.3931 | 41.458 |
| 13 | 0.0011 | 0.0368 | 0.6013 | 61.593 | 13 | 0.0011 | 0.0368 | 0.5006 | 51.898 | 13 | 0.0011 | 0.0368 | 0.4179 | 43.928 |
| 14 | 0.0011 | 0.0382 | 0.6285 | 64.267 | 14 | 0.0011 | 0.0382 | 0.5266 | 54.466 | 14 | 0.0011 | 0.0382 | 0.4416 | 46.292 |
| 15 | 0.0012 | 0.0395 | 0.6539 | 66.753 | 15 | 0.0012 | 0.0395 | 0.5512 | 56.894 | 15 | 0.0012 | 0.0395 | 0.4644 | 48.553 |
| 16 | 0.0013 | 0.0408 | 0.6775 | 69.065 | 16 | 0.0013 | 0.0408 | 0.5745 | 59.192 | 16 | 0.0013 | 0.0408 | 0.4862 | 50.717 |
| 17 | 0.0014 | 0.0421 | 0.6995 | 71.215 | 17 | 0.0014 | 0.0421 | 0.5967 | 61.365 | 17 | 0.0014 | 0.0421 | 0.5071 | 52.788 |
| 18 | 0.0015 | 0.0433 | 0.7200 | 73.215 | 18 | 0.0015 | 0.0433 | 0.6177 | 63.421 | 18 | 0.0015 | 0.0433 | 0.5272 | 54.770 |
| 19 | 0.0016 | 0.0445 | 0.7391 | 75.075 | 19 | 0.0016 | 0.0445 | 0.6375 | 65.366 | 19 | 0.0016 | 0.0445 | 0.5465 | 56.667 |
| 20 | 0.0016 | 0.0456 | 0.7570 | 76.805 | 20 | 0.0016 | 0.0456 | 0.6564 | 67.207 | 20 | 0.0016 | 0.0456 | 0.5650 | 58.484 |
| 21 | 0.0017 | 0.0468 | 0.7736 | 78.414 | 21 | 0.0017 | 0.0468 | 0.6743 | 68.950 | 21 | 0.0017 | 0.0468 | 0.5827 | 60.224 |
| 22 | 0.0018 | 0.0479 | 0.7890 | 79.911 | 22 | 0.0018 | 0.0479 | 0.6912 | 70.599 | 22 | 0.0018 | 0.0479 | 0.5997 | 61.889 |
| 23 | 0.0019 | 0.0489 | 0.8034 | 81.304 | 23 | 0.0019 | 0.0489 | 0.7073 | 72.159 | 23 | 0.0019 | 0.0489 | 0.6160 | 63.484 |
| 24 | 0.0020 | 0.0500 | 0.8168 | 82.600 | 24 | 0.0020 | 0.0500 | 0.7225 | 73.637 | 24 | 0.0020 | 0.0500 | 0.6317 | 65.011 |

Tabel 8 Hasil Perhitungan Faktor Hambatan (Fn)
dengan PVD Pola Persegi

| Jarak PVD (S) (m) | D (cm) | n | F(n) |
|----------------------|--------|----|---------|
| 0.8 | 84 | 13 | 1.79557 |
| 1 | 105 | 16 | 2.01436 |
| 1.1 | 115.5 | 17 | 2.10822 |
| 1.2 | 126 | 19 | 2.19407 |
| 1.4 | 147 | 22 | 2.34064 |
| 1.5 | 157.5 | 24 | 2.40963 |
| 1.6 | 168 | 25 | 2.47417 |
| 1.8 | 189 | 28 | 2.59195 |
| 2 | 210 | 31 | 2.69731 |

Tabel 9 Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi
dengan PVD Pola Segitiga

| S= | 0.8 | m | | | S= | 1 | m | | | S= | 1.1 | m | | |
|------------|--------|--------|--------|---------------|------------|--------|--------|--------|---------------|------------|--------|--------|--------|---------------|
| t (minggu) | Tv | Uv (%) | Uh (%) | Uratarata (%) | t (minggu) | Tv | Uv (%) | Uh (%) | Uratarata (%) | t (minggu) | Tv | Uv (%) | Uh (%) | Uratarata (%) |
| 1 | 0.0001 | 0.0102 | 0.3718 | 37.820 | 1 | 0.0001 | 0.0102 | 0.2330 | 24.078 | 1 | 0.0001 | 0.0102 | 0.1889 | 19.723 |
| 2 | 0.0002 | 0.0144 | 0.6054 | 61.105 | 2 | 0.0002 | 0.0144 | 0.4116 | 42.013 | 2 | 0.0002 | 0.0144 | 0.3422 | 35.169 |
| 3 | 0.0002 | 0.0177 | 0.7521 | 75.646 | 3 | 0.0002 | 0.0177 | 0.5487 | 55.668 | 3 | 0.0002 | 0.0177 | 0.4665 | 47.592 |
| 4 | 0.0003 | 0.0204 | 0.8443 | 84.743 | 4 | 0.0003 | 0.0204 | 0.6538 | 66.090 | 4 | 0.0003 | 0.0204 | 0.5673 | 57.613 |
| 5 | 0.0004 | 0.0228 | 0.9022 | 90.439 | 5 | 0.0004 | 0.0228 | 0.7345 | 74.053 | 5 | 0.0004 | 0.0228 | 0.6491 | 65.706 |
| 6 | 0.0005 | 0.0250 | 0.9385 | 94.007 | 6 | 0.0005 | 0.0250 | 0.7963 | 80.142 | 6 | 0.0005 | 0.0250 | 0.7154 | 72.248 |
| 7 | 0.0006 | 0.0270 | 0.9614 | 96.243 | 7 | 0.0006 | 0.0270 | 0.8438 | 84.799 | 7 | 0.0006 | 0.0270 | 0.7691 | 77.538 |
| 8 | 0.0007 | 0.0289 | 0.9757 | 97.644 | 8 | 0.0007 | 0.0289 | 0.8802 | 88.363 | 8 | 0.0007 | 0.0289 | 0.8128 | 81.817 |
| 9 | 0.0007 | 0.0306 | 0.9848 | 98.523 | 9 | 0.0007 | 0.0306 | 0.9081 | 91.090 | 9 | 0.0007 | 0.0306 | 0.8481 | 85.279 |
| 10 | 0.0008 | 0.0323 | 0.9904 | 99.074 | 10 | 0.0008 | 0.0323 | 0.9295 | 93.177 | 10 | 0.0008 | 0.0323 | 0.8768 | 88.081 |
| 11 | 0.0009 | 0.0338 | 0.9940 | 99.419 | 11 | 0.0009 | 0.0338 | 0.9459 | 94.775 | 11 | 0.0009 | 0.0338 | 0.9001 | 90.349 |
| 12 | 0.0010 | 0.0354 | 0.9962 | 99.636 | 12 | 0.0010 | 0.0354 | 0.9585 | 95.999 | 12 | 0.0010 | 0.0354 | 0.9190 | 92.185 |
| 13 | 0.0011 | 0.0368 | 0.9976 | 99.771 | 13 | 0.0011 | 0.0368 | 0.9682 | 96.935 | 13 | 0.0011 | 0.0368 | 0.9343 | 93.671 |
| 14 | 0.0011 | 0.0382 | 0.9985 | 99.857 | 14 | 0.0011 | 0.0382 | 0.9756 | 97.653 | 14 | 0.0011 | 0.0382 | 0.9467 | 94.874 |
| 15 | 0.0012 | 0.0395 | 0.9991 | 99.910 | 15 | 0.0012 | 0.0395 | 0.9813 | 98.202 | 15 | 0.0012 | 0.0395 | 0.9568 | 95.848 |
| 16 | 0.0013 | 0.0408 | 0.9994 | 99.944 | 16 | 0.0013 | 0.0408 | 0.9856 | 98.623 | 16 | 0.0013 | 0.0408 | 0.9649 | 96.637 |
| 17 | 0.0014 | 0.0421 | 0.9996 | 99.965 | 17 | 0.0014 | 0.0421 | 0.9890 | 98.945 | 17 | 0.0014 | 0.0421 | 0.9716 | 97.276 |
| 18 | 0.0015 | 0.0433 | 0.9998 | 99.978 | 18 | 0.0015 | 0.0433 | 0.9916 | 99.192 | 18 | 0.0015 | 0.0433 | 0.9769 | 97.794 |
| 19 | 0.0016 | 0.0445 | 0.9999 | 99.986 | 19 | 0.0016 | 0.0445 | 0.9935 | 99.381 | 19 | 0.0016 | 0.0445 | 0.9813 | 98.213 |
| 20 | 0.0016 | 0.0456 | 0.9999 | 99.991 | 20 | 0.0016 | 0.0456 | 0.9950 | 99.526 | 20 | 0.0016 | 0.0456 | 0.9848 | 98.552 |
| 21 | 0.0017 | 0.0468 | 0.9999 | 99.995 | 21 | 0.0017 | 0.0468 | 0.9962 | 99.637 | 21 | 0.0017 | 0.0468 | 0.9877 | 98.827 |
| 22 | 0.0018 | 0.0479 | 1.0000 | 99.997 | 22 | 0.0018 | 0.0479 | 0.9971 | 99.722 | 22 | 0.0018 | 0.0479 | 0.9900 | 99.050 |
| 23 | 0.0019 | 0.0489 | 1.0000 | 99.998 | 23 | 0.0019 | 0.0489 | 0.9978 | 99.787 | 23 | 0.0019 | 0.0489 | 0.9919 | 99.230 |
| 24 | 0.0020 | 0.0500 | 1.0000 | 99.999 | 24 | 0.0020 | 0.0500 | 0.9983 | 99.837 | 24 | 0.0020 | 0.0500 | 0.9934 | 99.376 |

| S= | 1.2 | m | | | S= | 1.4 | m | | | S= | 1.5 | m | | |
|------------|--------|--------|--------|---------------|------------|--------|--------|--------|---------------|------------|--------|--------|--------|---------------|
| t (minggu) | Tv | Uv (%) | Uh (%) | Uratarata (%) | t (minggu) | Tv | Uv (%) | Uh (%) | Uratarata (%) | t (minggu) | Tv | Uv (%) | Uh (%) | Uratarata (%) |
| 1 | 0.0001 | 0.0102 | 0.1556 | 16.418 | 1 | 0.0001 | 0.0102 | 0.1099 | 11.901 | 1 | 0.0001 | 0.0102 | 0.0938 | 10.308 |
| 2 | 0.0002 | 0.0144 | 0.2869 | 29.722 | 2 | 0.0002 | 0.0144 | 0.2078 | 21.920 | 2 | 0.0002 | 0.0144 | 0.1789 | 19.072 |
| 3 | 0.0002 | 0.0177 | 0.3979 | 40.850 | 3 | 0.0002 | 0.0177 | 0.2949 | 30.732 | 3 | 0.0002 | 0.0177 | 0.2559 | 26.907 |
| 4 | 0.0003 | 0.0204 | 0.4915 | 50.191 | 4 | 0.0003 | 0.0204 | 0.3724 | 38.518 | 4 | 0.0003 | 0.0204 | 0.3257 | 33.950 |
| 5 | 0.0004 | 0.0228 | 0.5706 | 58.043 | 5 | 0.0004 | 0.0228 | 0.4414 | 45.411 | 5 | 0.0004 | 0.0228 | 0.3890 | 40.296 |
| 6 | 0.0005 | 0.0250 | 0.6374 | 64.649 | 6 | 0.0005 | 0.0250 | 0.5028 | 51.520 | 6 | 0.0005 | 0.0250 | 0.4463 | 46.019 |
| 7 | 0.0006 | 0.0270 | 0.6938 | 70.210 | 7 | 0.0006 | 0.0270 | 0.5574 | 56.937 | 7 | 0.0006 | 0.0270 | 0.4983 | 51.184 |
| 8 | 0.0007 | 0.0289 | 0.7415 | 74.892 | 8 | 0.0007 | 0.0289 | 0.6061 | 61.744 | 8 | 0.0007 | 0.0289 | 0.5454 | 55.850 |
| 9 | 0.0007 | 0.0306 | 0.7817 | 78.836 | 9 | 0.0007 | 0.0306 | 0.6494 | 66.011 | 9 | 0.0007 | 0.0306 | 0.5880 | 60.065 |
| 10 | 0.0008 | 0.0323 | 0.8156 | 82.159 | 10 | 0.0008 | 0.0323 | 0.6879 | 69.799 | 10 | 0.0008 | 0.0323 | 0.6267 | 63.874 |
| 11 | 0.0009 | 0.0338 | 0.8443 | 84.959 | 11 | 0.0009 | 0.0338 | 0.7222 | 73.163 | 11 | 0.0009 | 0.0338 | 0.6617 | 67.317 |
| 12 | 0.0010 | 0.0354 | 0.8685 | 87.319 | 12 | 0.0010 | 0.0354 | 0.7528 | 76.150 | 12 | 0.0010 | 0.0354 | 0.6935 | 70.430 |
| 13 | 0.0011 | 0.0368 | 0.8890 | 89.308 | 13 | 0.0011 | 0.0368 | 0.7799 | 78.803 | 13 | 0.0011 | 0.0368 | 0.7222 | 73.245 |
| 14 | 0.0011 | 0.0382 | 0.9063 | 90.984 | 14 | 0.0011 | 0.0382 | 0.8041 | 81.161 | 14 | 0.0011 | 0.0382 | 0.7483 | 75.791 |
| 15 | 0.0012 | 0.0395 | 0.9208 | 92.397 | 15 | 0.0012 | 0.0395 | 0.8257 | 83.255 | 15 | 0.0012 | 0.0395 | 0.7719 | 78.093 |
| 16 | 0.0013 | 0.0408 | 0.9332 | 93.589 | 16 | 0.0013 | 0.0408 | 0.8448 | 85.116 | 16 | 0.0013 | 0.0408 | 0.7933 | 80.175 |
| 17 | 0.0014 | 0.0421 | 0.9436 | 94.593 | 17 | 0.0014 | 0.0421 | 0.8619 | 86.769 | 17 | 0.0014 | 0.0421 | 0.8127 | 82.059 |
| 18 | 0.0015 | 0.0433 | 0.9523 | 95.440 | 18 | 0.0015 | 0.0433 | 0.8771 | 88.239 | 18 | 0.0015 | 0.0433 | 0.8303 | 83.763 |
| 19 | 0.0016 | 0.0445 | 0.9598 | 96.154 | 19 | 0.0016 | 0.0445 | 0.8906 | 89.544 | 19 | 0.0016 | 0.0445 | 0.8462 | 85.305 |
| 20 | 0.0016 | 0.0456 | 0.9660 | 96.756 | 20 | 0.0016 | 0.0456 | 0.9026 | 90.705 | 20 | 0.0016 | 0.0456 | 0.8606 | 86.700 |
| 21 | 0.0017 | 0.0468 | 0.9713 | 97.264 | 21 | 0.0017 | 0.0468 | 0.9133 | 91.737 | 21 | 0.0017 | 0.0468 | 0.8737 | 87.963 |
| 22 | 0.0018 | 0.0479 | 0.9758 | 97.692 | 22 | 0.0018 | 0.0479 | 0.9228 | 92.653 | 22 | 0.0018 | 0.0479 | 0.8856 | 89.105 |
| 23 | 0.0019 | 0.0489 | 0.9795 | 98.054 | 23 | 0.0019 | 0.0489 | 0.9313 | 93.468 | 23 | 0.0019 | 0.0489 | 0.8963 | 90.138 |
| 24 | 0.0020 | 0.0500 | 0.9827 | 98.358 | 24 | 0.0020 | 0.0500 | 0.9389 | 94.193 | 24 | 0.0020 | 0.0500 | 0.9060 | 91.073 |

Tabel 9 Hasil Perhitungan Derajat Konsolidasi
dengan PVD Pola Segitiga

| S = | 1.6 | m | | | S = | 1.8 | m | | | S = | 2 | m | | |
|------------|--------|--------|--------|---------------|------------|--------|--------|--------|---------------|------------|--------|--------|--------|---------------|
| t (minggu) | Tv | Uv (%) | Uh (%) | Uratarata (%) | t (minggu) | Tv | Uv (%) | Uh (%) | Uratarata (%) | t (minggu) | Tv | Uv (%) | Uh (%) | Uratarata (%) |
| 1 | 0.0001 | 0.0102 | 0.0809 | 9.027 | 1 | 0.0001 | 0.0102 | 0.0616 | 7.121 | 1 | 0.0001 | 0.0102 | 0.0483 | 5.802 |
| 2 | 0.0002 | 0.0144 | 0.1552 | 16.742 | 2 | 0.0002 | 0.0144 | 0.1195 | 13.218 | 2 | 0.0002 | 0.0144 | 0.0943 | 10.736 |
| 3 | 0.0002 | 0.0177 | 0.2236 | 23.728 | 3 | 0.0002 | 0.0177 | 0.1737 | 18.834 | 3 | 0.0002 | 0.0177 | 0.1380 | 15.327 |
| 4 | 0.0003 | 0.0204 | 0.2864 | 30.093 | 4 | 0.0003 | 0.0204 | 0.2247 | 24.049 | 4 | 0.0003 | 0.0204 | 0.1797 | 19.642 |
| 5 | 0.0004 | 0.0228 | 0.3441 | 35.905 | 5 | 0.0004 | 0.0228 | 0.2724 | 28.905 | 5 | 0.0004 | 0.0228 | 0.2193 | 23.712 |
| 6 | 0.0005 | 0.0250 | 0.3971 | 41.221 | 6 | 0.0005 | 0.0250 | 0.3173 | 33.436 | 6 | 0.0005 | 0.0250 | 0.2570 | 27.560 |
| 7 | 0.0006 | 0.0270 | 0.4459 | 46.086 | 7 | 0.0006 | 0.0270 | 0.3594 | 37.667 | 7 | 0.0006 | 0.0270 | 0.2929 | 31.201 |
| 8 | 0.0007 | 0.0289 | 0.4907 | 50.542 | 8 | 0.0007 | 0.0289 | 0.3989 | 41.620 | 8 | 0.0007 | 0.0289 | 0.3271 | 34.650 |
| 9 | 0.0007 | 0.0306 | 0.5319 | 54.624 | 9 | 0.0007 | 0.0306 | 0.4359 | 45.317 | 9 | 0.0007 | 0.0306 | 0.3596 | 37.919 |
| 10 | 0.0008 | 0.0323 | 0.5698 | 58.366 | 10 | 0.0008 | 0.0323 | 0.4707 | 48.775 | 10 | 0.0008 | 0.0323 | 0.3905 | 41.019 |
| 11 | 0.0009 | 0.0338 | 0.6046 | 61.796 | 11 | 0.0009 | 0.0338 | 0.5033 | 52.011 | 11 | 0.0009 | 0.0338 | 0.4200 | 43.960 |
| 12 | 0.0010 | 0.0354 | 0.6366 | 64.941 | 12 | 0.0010 | 0.0354 | 0.5339 | 55.039 | 12 | 0.0010 | 0.0354 | 0.4480 | 46.750 |
| 13 | 0.0011 | 0.0368 | 0.6660 | 67.825 | 13 | 0.0011 | 0.0368 | 0.5626 | 57.873 | 13 | 0.0011 | 0.0368 | 0.4747 | 49.398 |
| 14 | 0.0011 | 0.0382 | 0.6930 | 70.470 | 14 | 0.0011 | 0.0382 | 0.5896 | 60.526 | 14 | 0.0011 | 0.0382 | 0.5000 | 51.912 |
| 15 | 0.0012 | 0.0395 | 0.7178 | 72.896 | 15 | 0.0012 | 0.0395 | 0.6149 | 63.011 | 15 | 0.0012 | 0.0395 | 0.5242 | 54.299 |
| 16 | 0.0013 | 0.0408 | 0.7406 | 75.122 | 16 | 0.0013 | 0.0408 | 0.6386 | 65.337 | 16 | 0.0013 | 0.0408 | 0.5472 | 56.565 |
| 17 | 0.0014 | 0.0421 | 0.7616 | 77.164 | 17 | 0.0014 | 0.0421 | 0.6609 | 67.516 | 17 | 0.0014 | 0.0421 | 0.5690 | 58.718 |
| 18 | 0.0015 | 0.0433 | 0.7809 | 79.038 | 18 | 0.0015 | 0.0433 | 0.6818 | 69.557 | 18 | 0.0015 | 0.0433 | 0.5899 | 60.762 |
| 19 | 0.0016 | 0.0445 | 0.7986 | 80.758 | 19 | 0.0016 | 0.0445 | 0.7014 | 71.469 | 19 | 0.0016 | 0.0445 | 0.6097 | 62.704 |
| 20 | 0.0016 | 0.0456 | 0.8149 | 82.335 | 20 | 0.0016 | 0.0456 | 0.7198 | 73.260 | 20 | 0.0016 | 0.0456 | 0.6285 | 64.549 |
| 21 | 0.0017 | 0.0468 | 0.8299 | 83.783 | 21 | 0.0017 | 0.0468 | 0.7371 | 74.937 | 21 | 0.0017 | 0.0468 | 0.6465 | 66.301 |
| 22 | 0.0018 | 0.0479 | 0.8436 | 85.112 | 22 | 0.0018 | 0.0479 | 0.7533 | 76.509 | 22 | 0.0018 | 0.0479 | 0.6636 | 67.966 |
| 23 | 0.0019 | 0.0489 | 0.8563 | 86.332 | 23 | 0.0019 | 0.0489 | 0.7685 | 77.982 | 23 | 0.0019 | 0.0489 | 0.6798 | 69.548 |
| 24 | 0.0020 | 0.0500 | 0.8679 | 87.451 | 24 | 0.0020 | 0.0500 | 0.7828 | 79.362 | 24 | 0.0020 | 0.0500 | 0.6953 | 71.051 |

Tabel 10 Hasil Perhitungan Tegangan Geser Tanah (Cu)

| Kedalaman (m) | PI | Cu Empiris | |
|------------------|----|--------------------|----------|
| | | kg/cm ² | Kpa |
| 0-1 | 40 | 0.07718 | 7.71849 |
| 1-2 | 40 | 0.08415 | 8.41548 |
| 2-3 | 40 | 0.09112 | 9.11246 |
| 3-4 | 40 | 0.09809 | 9.80945 |
| 4-5 | 40 | 0.10515 | 10.51528 |
| 5-6 | 40 | 0.11230 | 11.22997 |
| 6-7 | 40 | 0.11960 | 11.95963 |
| 7-8 | 40 | 0.12704 | 12.70425 |
| 8-9 | 40 | 0.13449 | 13.44888 |
| 9-10 | 40 | 0.14193 | 14.19350 |
| 10-11 | 40 | 0.14942 | 14.94231 |
| 11-12 | 40 | 0.15695 | 15.69532 |
| 12-13 | 40 | 0.16448 | 16.44833 |
| 13-14 | 40 | 0.17201 | 17.20050 |
| 14-15 | 40 | 0.17952 | 17.95184 |
| 15-16 | 40 | 0.18703 | 18.70319 |
| 16-17 | 40 | 0.19457 | 19.45736 |
| 17-18 | 40 | 0.20214 | 20.21436 |
| 18-19 | 40 | 0.21000 | 20.99668 |
| 19-20 | 40 | 0.21813 | 21.81332 |
| 20-21 | 40 | 0.22627 | 22.62696 |
| 21-22 | 40 | 0.23441 | 23.44060 |
| 22-23 | 41 | 0.24017 | 24.01668 |
| 23-24 | 41 | 0.24778 | 24.77796 |
| 24-25 | 41 | 0.25539 | 25.53924 |
| 25-26 | 41 | 0.26364 | 26.36393 |
| 26-27 | 41 | 0.27252 | 27.25205 |
| 27-28 | 41 | 0.28191 | 28.19068 |
| 28-29 | 41 | 0.29180 | 29.17984 |
| 29-30 | 41 | 0.30169 | 30.16900 |
| 30-31 | 41 | 0.31188 | 31.18783 |
| 31-32 | 41 | 0.32236 | 32.23635 |
| 32-33 | 41 | 0.33285 | 33.28487 |
| 33-34 | 41 | 0.34333 | 34.33339 |

Tabel 11 Perhitungan Panjang Kebutuhan Geotextile

| No | Hi m | Ti m | tan θ | Cu kN/m ² | ov kN/m ² | Ka | oh kN/m ² | τ_1 kN/m ² | τ_2 kN/m ² | Le m | Le pakai | Lo m | Lr m | L total m |
|----|---------|---------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------|----------|---------|---------|--------------|
| 1 | 4.9 | 15.09 | 0.577 | 0 | 88.2 | 0.577 | 50.922 | 50.922 | 8.764 | 0.699 | 1.000 | 1.000 | 16.4531 | 20.000 |
| 2 | 4.6 | 14.79 | 0.577 | 0 | 82.8 | 0.577 | 47.805 | 47.805 | 47.805 | 0.437 | 1.000 | 1.000 | 16.1355 | 19.000 |
| 3 | 4.3 | 14.49 | 0.577 | 0 | 77.4 | 0.577 | 44.687 | 44.687 | 44.687 | 0.467 | 1.000 | 1.000 | 15.8074 | 19.000 |
| 4 | 4 | 14.19 | 0.577 | 0 | 72 | 0.577 | 41.569 | 41.569 | 41.569 | 0.502 | 1.000 | 1.000 | 15.4694 | 18.000 |
| 5 | 3.7 | 13.89 | 0.577 | 0 | 66.6 | 0.577 | 38.452 | 38.452 | 38.452 | 0.543 | 1.000 | 1.000 | 15.122 | 18.000 |
| 6 | 3.4 | 13.59 | 0.577 | 0 | 61.2 | 0.577 | 35.334 | 35.334 | 35.334 | 0.591 | 1.000 | 1.000 | 14.7656 | 18.000 |
| 7 | 3.1 | 13.29 | 0.577 | 0 | 55.8 | 0.577 | 32.216 | 32.216 | 32.216 | 0.648 | 1.000 | 1.000 | 14.4005 | 18.000 |
| 8 | 2.8 | 12.99 | 0.577 | 0 | 50.4 | 0.577 | 29.098 | 29.098 | 29.098 | 0.717 | 1.000 | 1.000 | 14.0271 | 17.000 |
| 9 | 2.5 | 12.69 | 0.577 | 0 | 45 | 0.577 | 25.981 | 25.981 | 25.981 | 0.803 | 1.000 | 1.000 | 13.6458 | 17.000 |
| 10 | 2.2 | 12.39 | 0.577 | 0 | 39.6 | 0.577 | 22.863 | 22.863 | 22.863 | 0.913 | 1.000 | 1.000 | 13.2568 | 17.000 |
| 11 | 1.9 | 12.09 | 0.577 | 0 | 34.2 | 0.577 | 19.745 | 19.745 | 19.745 | 1.057 | 2.000 | 1.000 | 12.8603 | 17.000 |
| 12 | 1.6 | 11.79 | 0.577 | 0 | 28.8 | 0.577 | 16.628 | 16.628 | 16.628 | 1.255 | 2.000 | 1.000 | 12.4567 | 17.000 |
| 13 | 1.3 | 11.49 | 0.577 | 0 | 23.4 | 0.577 | 13.510 | 13.510 | 13.510 | 1.545 | 2.000 | 1.000 | 12.0462 | 17.000 |
| 14 | 1 | 11.19 | 0.577 | 0 | 18 | 0.577 | 10.392 | 10.392 | 10.392 | 2.008 | 3.000 | 1.000 | 11.6289 | 18.000 |
| 15 | 0.7 | 10.89 | 0.577 | 0 | 12.6 | 0.577 | 7.275 | 7.275 | 7.275 | 2.869 | 3.000 | 1.000 | 11.2051 | 19.000 |
| 16 | 0.4 | 10.59 | 0.577 | 0 | 7.2 | 0.577 | 4.157 | 4.157 | 4.157 | 5.020 | 6.000 | 1.000 | 10.775 | 23.000 |
| | | | | | | | | | | | | | TOTAL | 292.000 |

Tabel 12 Perhitungan Kebutuhan Geotextile

| H (m) | Ti (m) | Jumlah lapis | ΔMR | ΔMR komulatif | |
|---------------|-----------|-----------------|-------------|--------------------------|----|
| 0 | 15.09 | 2 | 671.833 | 671.83304 | NO |
| 0.3 | 14.79 | 2 | 658.4765 | 1330.3096 | NO |
| 0.6 | 14.49 | 2 | 645.12 | 1975.4296 | NO |
| 0.9 | 14.19 | 2 | 631.7635 | 2607.193 | NO |
| 1.2 | 13.89 | 2 | 618.407 | 3225.6 | NO |
| 1.5 | 13.59 | 2 | 605.0504 | 3830.6504 | NO |
| 1.8 | 13.29 | 1 | 295.847 | 4126.4974 | NO |
| 2.1 | 12.99 | 1 | 289.1687 | 4415.6661 | NO |
| 2.4 | 12.69 | 1 | 282.4904 | 4698.1565 | NO |
| 2.7 | 12.39 | 1 | 275.8122 | 4973.9687 | NO |
| 3 | 12.09 | 1 | 269.1339 | 5243.1026 | NO |
| 3.3 | 11.79 | 1 | 262.4557 | 5505.5583 | NO |
| 3.6 | 11.49 | 1 | 255.7774 | 5761.3357 | NO |
| 3.9 | 11.19 | 1 | 249.0991 | 6010.4348 | NO |
| 4.2 | 10.89 | 1 | 242.4209 | 6252.8557 | NO |
| 4.5 | 10.59 | 1 | 235.7426 | 6488.5983 | OK |
| TOTAL LAYER = | | 22 | | | |
| TOTAL | | 404.000 | | | |

“halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 3

CONTOH PERHITUNGAN TIMBUNAN TEGAK SEBELUM SUNGAI

3.1 Perhitungan *Geotextile Wall*

Perkuatan timbunan tegak direncanakan menggunakan *geotextile wall* dengan spesifikasi bahan yang tertera pada **Lampiran I**.

a. Perhitungan tegangan tanah

Dengan asumsi beban yang akan diterima oleh timbunan adalah beban $q = 10$ Kpa, maka perhitungan tegangan tanah arah kesamping adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2(45 - \phi/2) \\
 &= \tan^2(45 - 30/2) \\
 &= 0,3333 \\
 \sigma_H &= \sigma_{HS} + \sigma_{Hq} \\
 &= K_a \cdot \gamma \cdot z + K_a \cdot q \\
 &= (0,3333) \cdot (1,85) \cdot (z) + (0,3333) \cdot (10) \\
 &= 0,6167 z + 3,3333 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan T_{allow} menggunakan rumus

$$\begin{aligned}
 T_{\text{allow}} &= \frac{T_{\text{ult}}}{FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \\
 &= \frac{52}{1,5 \times 2,5 \times 1,25 \times 1,15} \\
 &= 9,65 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan jarak pemasangan (Sv)

Hasil perhitungan jarak pemasangan (Sv) tercantum dalam tabel berikut.

Tabel 1 Perhitungan Sv

| z (m) | σ_{Hs} (kN/m ²) | σ_{Hq} (kN/m ²) | σ_H (kN/m ²) | Sv (m) | Sv pakai (m) |
|-------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------|--------------|
| 5 | 30,83 | 3,33 | 34,17 | 0,41 | 0,25 |
| 4 | 24,67 | 3,33 | 28,00 | 0,50 | 0,25 |
| 3 | 18,50 | 3,33 | 21,83 | 0,64 | 0,5 |
| 2 | 12,33 | 3,33 | 15,67 | 0,89 | 0,5 |
| 1 | 6,17 | 3,33 | 9,50 | 1,46 | 0,5 |

c. Perhitungan panjang geotextile (L)

Hasil perhitungan panjang geotextile untuk interna *stability* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2 Perhitungan Panjang *Geotextile Wall*

| Laye r | Z (m) | Sv (m) | σ_{Hs} (kN/m ²) | σ_{Hq} (kN/m ²) | σ_H (kN/m ²) | σ_v (kN/m ²) | Le (m) | Le pakai (m) | Lr (m) | Ltotal (m) | Lpakai (m) |
|-----------|-------|-----------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|---------------|------------|
| 1 | 0,5 | 0,5 | 3,08 | 3,33 | 6,42 | 9,25 | 0,48 | 1 | 2,74 | 3,74 | 4 |
| 2 | 1 | 0,5 | 6,17 | 3,33 | 9,50 | 18,50 | 0,35 | 1 | 2,45 | 3,45 | 4 |
| 3 | 1,5 | 0,5 | 9,25 | 3,33 | 12,58 | 27,75 | 0,31 | 1 | 2,17 | 3,17 | 4 |
| 4 | 2 | 0,5 | 12,33 | 3,33 | 15,67 | 37,00 | 0,29 | 1 | 1,88 | 2,88 | 4 |
| 5 | 2,5 | 0,5 | 15,42 | 3,33 | 18,75 | 46,25 | 0,28 | 1 | 1,59 | 2,59 | 4 |
| 6 | 3 | 0,5 | 18,50 | 3,33 | 21,83 | 55,50 | 0,27 | 1 | 1,30 | 2,30 | 4 |
| 7 | 3,25 | 0,25 | 20,04 | 3,33 | 23,38 | 60,13 | 0,13 | 1 | 1,15 | 2,15 | 4 |
| 8 | 3,5 | 0,25 | 21,58 | 3,33 | 24,92 | 64,75 | 0,13 | 1 | 1,01 | 2,01 | 4 |
| 9 | 3,75 | 0,25 | 23,13 | 3,33 | 26,46 | 69,38 | 0,13 | 1 | 0,87 | 1,87 | 2 |
| 10 | 4 | 0,25 | 24,67 | 3,33 | 28,00 | 74,00 | 0,13 | 1 | 0,72 | 1,72 | 2 |
| 11 | 4,25 | 0,25 | 26,21 | 3,33 | 29,54 | 78,63 | 0,13 | 1 | 0,58 | 1,58 | 2 |
| 12 | 4,5 | 0,25 | 27,75 | 3,33 | 31,08 | 83,25 | 0,13 | 1 | 0,43 | 1,43 | 2 |
| 13 | 4,75 | 0,25 | 29,29 | 3,33 | 32,63 | 87,88 | 0,13 | 1 | 0,29 | 1,29 | 2 |

Tabel 2 Perhitungan Panjang *Geotextile Wall* (Lanjutan)

| Laye r | Z (m) | Sv (m) | σ_{Hs} (kN/m ²) | σ_{Hq} (kN/m ²) | σ_H (kN/m ²) | σ_v (kN/m ²) | Le (m) | Le pakai (m) | Lr (m) | Ltotal (m) | Lpakai (m) |
|-----------|-------|-----------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|---------------|------------|
| 14 | 5 | 0,25 | 30,83 | 3,33 | 34,17 | 92,50 | 0,13 | 1 | 0,14 | 1,14 | 2 |
| 15 | 5,25 | 0,25 | 32,38 | 3,33 | 35,71 | 97,13 | 0,13 | 1 | 0 | 1 | 2 |

Nilai maksimum terdapat pada lapisan teratas, maka panjang lipatan yang digunakan adalah.

$$\begin{aligned}
 L_o &= \frac{Sv \times \sigma_H \times (FS)}{4(c + \gamma \cdot z \cdot \tan \varphi)} \\
 &= \frac{0,5 \times 6,42 \times 1,5}{4(0 + 1,85 \cdot 1,2 \cdot \tan 24)} \\
 &= 0,240 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Karena L_o minimal = 1m , maka digunakan $L_o = 1$ m untuk tiap layer

d. Kontrol eksternal *stability*

Setelah mengecek internal *stability*, perlu juga dilakukan cek eksternal *stability*. Langkah pertama yaitu dengan mencari nilai Pa, yaitu tegangan pada titik berat diagram tegangan tanah.

$$\begin{aligned}
 Pa &= 0,5 \gamma H^2 Ka \\
 &= 0,5 \cdot 1,85 \cdot (5,25)^2 \cdot Ka \\
 &= 8,498 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$Pa \cos 30^\circ = 7,360 \text{ kN/m}$$

$$Pa \sin 30^\circ = 4,249 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned}
 FS_{OT} &= \sum \frac{\text{resisting movements}}{\text{driving movements}} \\
 &= \frac{2 \cdot 5,25 \cdot 1,85 \cdot 1 + 2 \cdot 3,6 \cdot 1,85 \cdot 4 + 2 \cdot 1,2 \cdot 1,85 \cdot 5 + 4,249 \cdot 3,6}{7,360 \cdot 2,4} \\
 &= 4,78 > 3 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Selain menghitung faktor keselamatan untuk *overturning*, perlu juga dilakukan perhitungan *safety factor* terhadap *Sliding* dimana FS tidak boleh lebih dari 1,5

$$\begin{aligned}
 FS &= \frac{\sum \text{resisting movements}}{\sum \text{driving movements}} \\
 &= \frac{\left[Co + \left(\frac{w_1 + w_2 + Pa \sin \emptyset}{x} \right) \tan \emptyset \right] x}{Pa \cos \emptyset} \\
 &= 2,47 > 1,5 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Keterangan : Co= 0,8 Cu

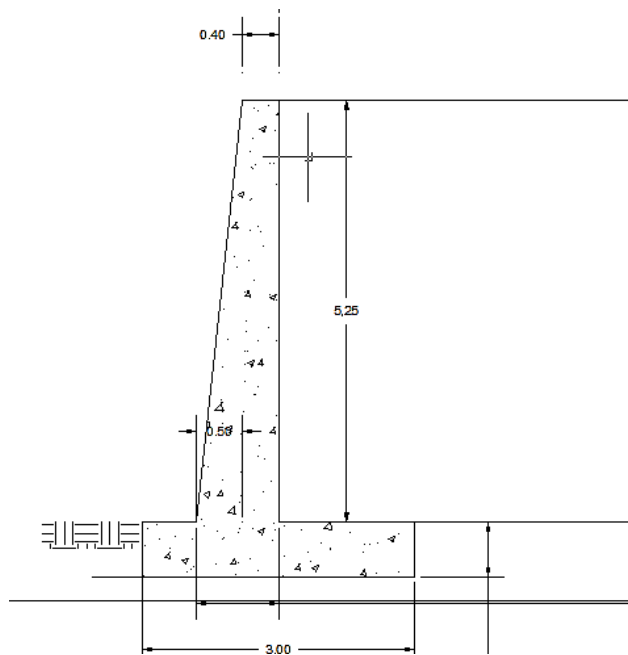
Setelah melakukan kontrol terhadap *overturning* dan *sliding*, dilakukan kontrol terhadap keruntuhan pondasi menggunakan bearing capacity pondasi dangkal.

$$\begin{aligned}
 q_{ult} &= c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \\
 &= 32,26 \cdot 4 + 10 \cdot 1 + 0 \\
 &= 139,035 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{act} &= 34,713 \text{ kN/m}^2 \\
 SF &= 3,72 > 3 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Dengan dilakukannya seluruh kontrol diatas, maka perencanaan *geotextile wall* telah selesai dilakukan dan hasil perhitungan diatas diyakini dapat diterapkan oprit dengan timbunan tegak setinggi 5,25 m tersebut.

3.2 Perhitungan Gravity Wall

Direncanakan gravity wall setinggi 5,25 m pada timbunan tegak sebelum sungai.

Gambar 1 Dimensi *Gravity Wall*

Perhitungan tekanan tanah aktif:

Tabel III.3 Perhitungan Tekanan Tanah Aktif

| Kedalaman (m) | STA 28+671 s/d 28+678 | | |
|------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| | $\sigma'_{va}(t/m^2)$ | $\sigma'_{vq}(t/m^2)$ | $\sigma'_h(t/m^2)$ |
| 0 | 0 | 1 | 0,333333 |
| 5,85 | 10,8225 | 1 | 3,940833 |

Perhitungan berat sendiri dan gravity akibat tanah:

| | | | | | | | | | |
|---------------|------|---|------|---|------|---|-----|----------|---|
| WA= | 0,4 | ✖ | 5,25 | ✖ | 2,4 | | | 32,76 | t |
| WB= | 0,5 | ✖ | 5,25 | ✖ | 2,4 | ✖ | 0,5 | 20,475 | t |
| WC= | 0,6 | ✖ | 3 | ✖ | 2,4 | | | 28,08 | t |
| JUMLAH BERAT= | | | | | | | | 81,315 | t |
| Berat Tanah: | | | | | | | | | |
| Wt= | 5,25 | ✖ | 1,5 | ✖ | 1,85 | | | 94,69688 | t |
| | 0 | ✖ | 1,5 | ✖ | 0 | | | 0 | |
| JUMLAH BERAT= | | | | | | | | 94,69688 | |
| Berat Total: | | | | | | | | 176,0119 | t |

Tabel 4 Perhitungan Momen Penahan

| | Beban | Lengan | Momen | |
|-----|----------|----------|----------|----|
| MA= | 32,76 | -0,2 | -6,552 | tm |
| MB= | 20,475 | -0,56667 | -11,6025 | tm |
| MC= | 28,08 | 0 | 0 | tm |
| Mt= | 94,69688 | 0,75 | 71,02266 | tm |
| | | | 52,86816 | tm |

Tabel 5 Hasil Perhitungan Gaya Dorong Akibat Tekanan Aktif

| Gaya Aktif yang Bekerja: | | |
|--------------------------|----------|---|
| Ea1= | 12,675 | t |
| Ea2= | 68,58759 | t |

Tabel 6 Hasil Perhitungan Momen Akibat Gaya Dorong Tekanan Aktif

Momen Dorong

| | Beban | Lengan | Momen | |
|-----|----------|--------|-----------|----|
| M1= | 12,675 | 2,925 | 37,074375 | tm |
| M2= | 68,58759 | 1,95 | 133,74581 | tm |

Tabel 7 Rekap Gaya-Gaya Yang Bekerja pada *Gravity Wall*

Gaya Gaya yang Bekerja

| | | |
|----|----------|----|
| V= | 176,0119 | t |
| H= | 81,26259 | t |
| M= | 117,952 | tm |

Dari beban beban tersebut dimasukkan kedalam rumus

$$P_1 \text{ tiang} = \frac{V}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{\sum y_i^2} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{\sum x_i^2}$$

Dihitung untuk D40:

Jumlah m x n = 3 x 6 buah

P 1 tiang = 18,7142 ton

Syarat: Qult x Ce > P 1 tiang

Ce = efisiensi tiang berdasarkan Converse-Labare

$$Ce = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{\phi}{S}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

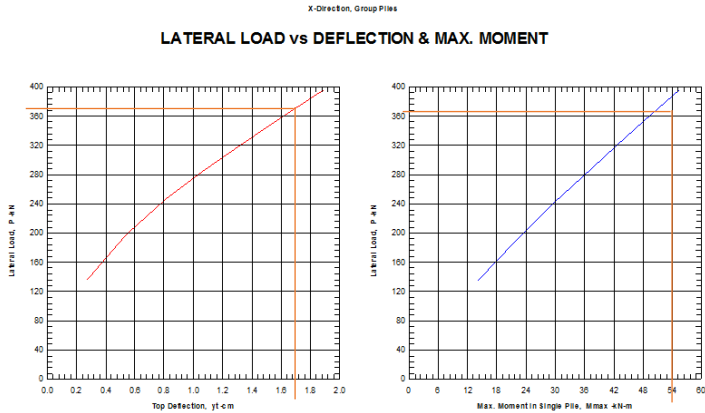
Didapatkan:

Ce = 0,667

Qult = 28,87 ton

Qult x Ce = 19,25 ton > P1 tiang (OK)

Selanjutnya kontrol defleksi tiang dan momen maksimum tiang di cek dengan menggunakan pemrograman Allpile.



Gambar 2 Kontrol Defleksi Tiang dengan Program AllPile

Didapatkan:

Defleksi sebesar 1,85 cm < 2 cm (OK)

Mpmax sebesar 5,4 ton.m < 5,5 ton.m (OK)

LAMPIRAN 4

TABEL PERHITUNGAN ABUTMENT

4.1 Perencanaan Abutment 1

1. Kombinasi Pembebanan

Tabel 1 Kombinasi 1

| jenis beban (aksi) | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|----------------------|-----------|------|----------|---------|--------------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| Aksi Tetap | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 0 | 1995 | 0,000 | -37,907508 |
| Beban Struktur Bawah | 0 | 0 | 6736,362 | 0 | -6049,324898 |
| Beban Oprit | 2234,8125 | 0 | 0,00 | 0 | 5751,213542 |
| Beban Hidup | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 55,46 | 0 | 1109 | 0,000 | 383,796175 |
| Beban Struktur Bawah | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Beban Oprit | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 |
| TOTAL | 2290,27 | 0,00 | 9840,73 | 0,00 | 47,78 |

Tabel 2 Kombinasi 2

| jenis beban (aksi) | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|----------------------|-----------|------|---------|---------|------------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| Aksi Tetap | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 0,00 | 1995,13 | 0,00 | -37,91 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 6736,36 | 0,00 | -6049,32 |
| Beban Oprit | 2234,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5751,21 |
| Beban Hidup | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 55,46 | 0,00 | 1109,24 | 0,00 | 383,80 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Beban Oprit | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Temperatur | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 16,41 | 0 | 0 | 0,000 | 89,4140625 |
| Beban Struktur Bawah | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Beban Oprit | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 |
| TOTAL | 2306,68 | 0,00 | 9840,73 | 0,00 | 137,19 |

Tabel 3 Kombinasi 3

| jenis beban (aksi) | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|----------------------|-----------|-------|---------|------------|----------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| Aksi Tetap | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 0,00 | 1995,13 | 0,00 | -37,91 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 6736,36 | 0,00 | -6049,32 |
| Beban Oprit | 2234,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5751,21 |
| Beban Hidup | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 55,46 | 0,00 | 1109,24 | 0,00 | 383,80 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Beban Oprit | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Angin | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0 | 88,43 | 0 | 641,115234 | 0 |
| Beban Struktur Bawah | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Beban Oprit | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 |
| TOTAL | 2290,27 | 88,43 | 9840,73 | 641,12 | 47,78 |

Tabel 4 Kombinasi 4

| jenis beban (aksi) | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|----------------------|-----------|-------|---------|---------|----------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| Aksi Tetap | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 0,00 | 1995,13 | 0,00 | -37,91 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 6736,36 | 0,00 | -6049,32 |
| Beban Oprit | 2234,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5751,21 |
| Beban Hidup | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 55,46 | 0,00 | 1109,24 | 0,00 | 383,80 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Beban Oprit | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Temperatur | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 16,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 89,41 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Beban Oprit | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Angin | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0 | 88,43 | 0,00 | 641,12 | 0 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Beban Oprit | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 2306,68 | 88,43 | 9840,73 | 641,12 | 137,19 |

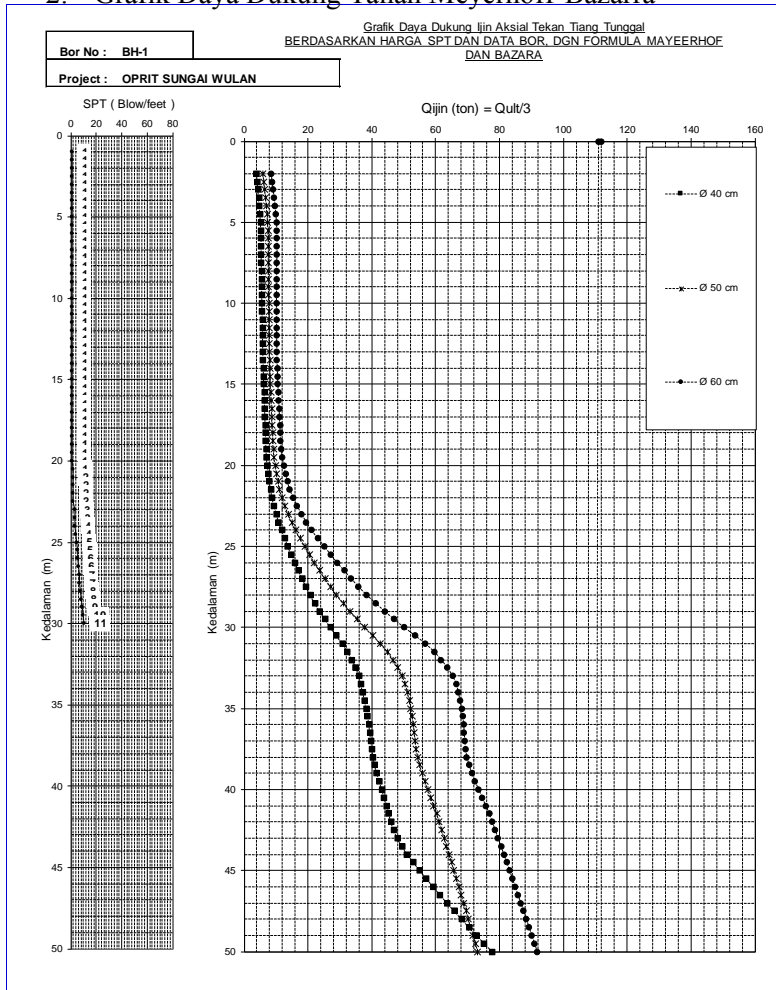
Tabel 5 Kombinasi 5(x)

| jenis beban (aksi) | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|----------------------|-----------|------|---------|---------|----------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| Aksi Tetap | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 0,00 | 1995,13 | 0,00 | -37,91 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 6736,36 | 0,00 | -6049,32 |
| Beban Oprit | 2234,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5751,21 |
| Beban Gempa (x) | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 409,71 | 0 | 0 | 0,000 | 2232,920 |
| Beban Struktur Bawah | 1383,34 | 0 | 0 | 0 | 4278,024 |
| Beban Oprit | 2032,08 | 0 | 0,00 | 0 | 10024,91 |
| TOTAL | 6059,94 | 0,00 | 8731,49 | 0,00 | 16199,83 |

Tabel 6 Kombinasi 5(y)

| jenis beban (aksi) | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|----------------------|-----------|--------|---------|----------|----------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| Aksi Tetap | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 0,00 | 1995,13 | 0,00 | -37,91 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 6736,36 | 0,00 | -6049,32 |
| Beban Oprit | 2234,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5751,21 |
| Beban Gempa (y) | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 143,87 | 0 | 784,117 | 0,000 |
| Beban Struktur Bawah | 0 | 485,78 | 0 | 1189,486 | 0,000 |
| Beban Oprit | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 |
| TOTAL | 2234,81 | 629,65 | 8731,49 | 1973,60 | -336,02 |

2. Grafik Daya Dukung Tanah Meyerhoff-Bazarra



Gambar 1 Grafik Daya Dukung Tanah BH-1

4.2 Perencanaan Abutment 2

1. Kombinasi Pembebanan

Tabel 7 Kombinasi 1

| jenis beban (aksi) | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|----------------------|-----------|------|----------|---------|--------------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| Aksi Tetap | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 0 | 1995 | 0,000 | -37,907508 |
| Beban Struktur Bawah | 0 | 0 | 6779,562 | 0 | -6050,145698 |
| Beban Oprit | 2322,12 | 0 | 0,00 | 0 | 6092,962667 |
| Beban Hidup | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 55,46 | 0 | 1109 | 0,000 | 392,1154563 |
| Beban Struktur Bawah | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Beban Oprit | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 |
| TOTAL | 2377,58 | 0,00 | 9883,93 | 0,00 | 397,02 |

Tabel 8 Kombinasi 2

| jenis beban (aksi) | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|----------------------|-----------|------|---------|---------|----------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| Aksi Tetap | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 0,00 | 1995,13 | 0,00 | -37,91 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 6779,56 | 0,00 | -6050,15 |
| Beban Oprit | 2322,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6092,96 |
| Beban Hidup | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 55,46 | 0,00 | 1109,24 | 0,00 | 392,12 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Beban Oprit | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Temperatur | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 16,41 | 0 | 0 | 0,000 | 91,875 |
| Beban Struktur Bawah | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Beban Oprit | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 |
| TOTAL | 2393,99 | 0,00 | 9883,93 | 0,00 | 488,90 |

Tabel 9 Kombinasi 3

| jenis beban (aksi) | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|----------------------|-----------|-------|---------|------------|----------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| Aksi Tetap | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 0,00 | 1995,13 | 0,00 | -37,91 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 6779,56 | 0,00 | -6050,15 |
| Beban Oprit | 2322,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6092,96 |
| Beban Hidup | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 55,46 | 0,00 | 1109,24 | 0,00 | 392,12 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Beban Oprit | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Angin | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0 | 88,43 | 0 | 641,115234 | 0 |
| Beban Struktur Bawah | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Beban Oprit | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 |
| TOTAL | 2377,58 | 88,43 | 9883,93 | 641,12 | 397,02 |

Tabel 10 Kombinasi 4

| jenis beban (aksi) | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|----------------------|-----------|-------|---------|---------|----------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| Aksi Tetap | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 0,00 | 1995,13 | 0,00 | -37,91 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 6779,56 | 0,00 | -6050,15 |
| Beban Oprit | 2322,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6092,96 |
| Beban Hidup | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 55,46 | 0,00 | 1109,24 | 0,00 | 392,12 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Beban Oprit | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Temperatur | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 16,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 91,88 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Beban Oprit | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Angin | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0 | 88,43 | 0,00 | 641,12 | 0 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Beban Oprit | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | 2393,99 | 88,43 | 9883,93 | 641,12 | 488,90 |

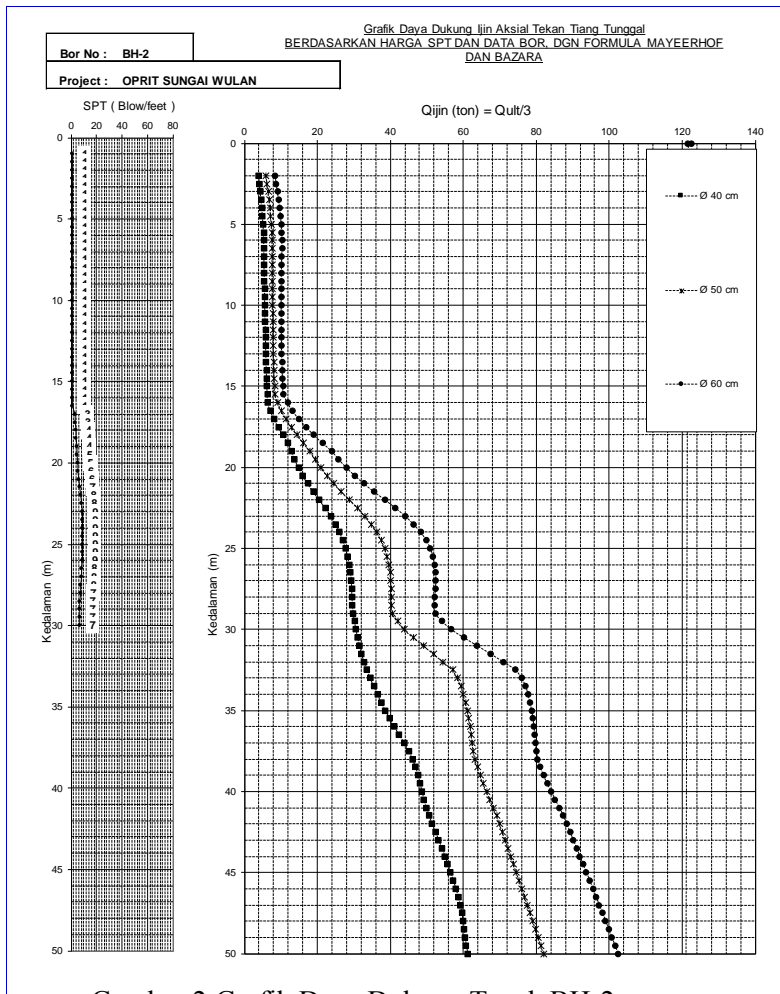
Tabel 11 Kombinasi 5(x)

| jenis beban (aksi) | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|----------------------|-----------|------|---------|---------|----------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| Aksi Tetap | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 0,00 | 1995,13 | 0,00 | -37,91 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 6779,56 | 0,00 | -6050,15 |
| Beban Oprit | 2322,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6092,96 |
| Beban Gempa (x) | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 423,88 | 0 | 0 | 0,000 | 2373,717 |
| Beban Struktur Bawah | 1440,36 | 0 | 0 | 0 | 4476,668 |
| Beban Oprit | 2072,39 | 0 | 0,00 | 0 | 10223,78 |
| TOTAL | 6258,74 | 0,00 | 8774,69 | 0,00 | 17079,07 |

Tabel 12 Kombinasi 5(y)

| jenis beban (aksi) | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|----------------------|-----------|--------|---------|----------|----------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| Aksi Tetap | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 0,00 | 1995,13 | 0,00 | -37,91 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 6779,56 | 0,00 | -6050,15 |
| Beban Oprit | 2322,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6092,96 |
| Beban Gempa (y) | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 145,06 | 0 | 812,310 | 0,000 |
| Beban Struktur Bawah | 0 | 492,91 | 0 | 1216,601 | 0,000 |
| Beban Oprit | 0 | 0 | 0,00 | 0 | 0 |
| TOTAL | 2322,12 | 637,96 | 8774,69 | 2028,91 | 4,91 |

2. Grafik Daya Dukung Tanah Meyerhoff-Bazarra



Gambar 2 Grafik Daya Dukung Tanah BH-2

LAMPIRAN 5

TABEL PERHITUNGAN PILAR

5.1 Perencanaan Pilar

1. Kombinasi Pembebanan

Tabel 1 Kombinasi 1

| jenis beban (aksi) | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|----------------------|-----------|------|----------|---------|------------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| Aksi Tetap | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 0 | 6936 | 0,000 | 1094,61804 |
| Beban Struktur Bawah | 0 | 0 | 4763,52 | 0 | -103,68 |
| Beban Aliran | | | | | |
| Beban Strktur Atas | 28,35 | 0 | 0 | 0 | 127,575 |
| Beban Struktr Bawah | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Beban Hidup | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 89,92 | 0 | 1798 | 0,000 | 1726,368 |
| Beban Struktur Bawah | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 118,27 | 0,00 | 13498,02 | 0,00 | 2844,88 |

Tabel 2 Kombinasi 2

| jenis beban (aksi) | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|----------------------|-----------|------|----------|---------|-----------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| Aksi Tetap | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 0,00 | 6936,20 | 0,00 | 1094,62 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 4763,52 | 0,00 | -103,68 |
| Beban Hidup | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 89,92 | 0,00 | 1798,30 | 0,00 | 1726,37 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Temperatur | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 21,09 | 0 | 0 | 0,000 | 206,71875 |
| Beban Struktur Bawah | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Beban Aliran | | | | | |
| Beban Strktur Atas | 28,35 | 0 | 0 | 0 | 127,575 |
| Beban Struktr Bawah | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 139,36 | 0,00 | 13498,02 | 0,00 | 3051,60 |

Tabel 3 Kombinasi 3

| jenis beban (aksi) | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|----------------------|-----------|--------|----------|------------|---------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| Aksi Tetap | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 0,00 | 6936,20 | 0,00 | 1094,62 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 4763,52 | 0,00 | -103,68 |
| Beban Hidup | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 89,92 | 0,00 | 1798,30 | 0,00 | 1726,37 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Angin | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0 | 130,92 | 0 | 949,183594 | 0 |
| Beban Struktur Bawah | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Beban Aliran | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 28,35 | 0 | 0 | 0 | 127,575 |
| Beban Struktur Bawah | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 118,27 | 130,92 | 13498,02 | 949,18 | 2844,88 |

Tabel 4 Kombinasi 4

| jenis beban (aksi) | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|----------------------|-----------|--------|----------|---------|---------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| Aksi Tetap | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 0,00 | 6936,20 | 0,00 | 1094,62 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 4763,52 | 0,00 | -103,68 |
| Beban Hidup | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 89,92 | 0,00 | 1798,30 | 0,00 | 1726,37 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Temperatur | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 21,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 206,72 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Angin | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0 | 130,92 | 0,00 | 949,18 | 0 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Beban Aliran | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 28,35 | 0 | 0 | 0 | 127,575 |
| Beban Struktur Bawah | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 139,36 | 130,92 | 13498,02 | 949,18 | 3051,60 |

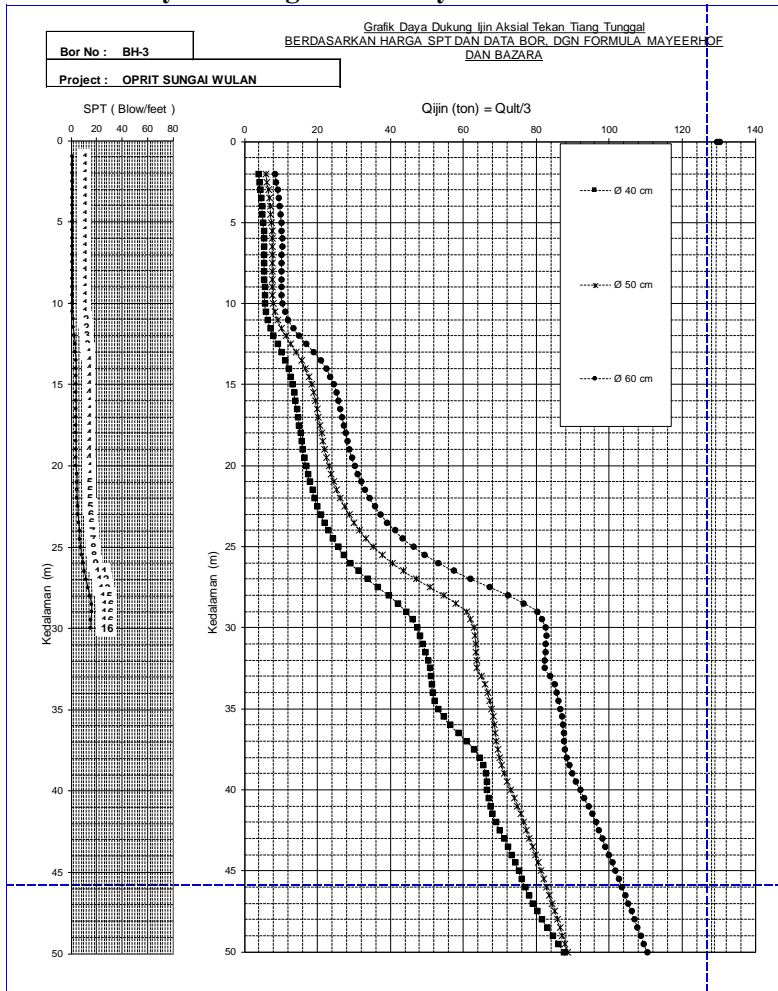
Tabel 5 Kombinasi 5(x)

| jenis beban (aksi) | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|----------------------|-----------|------|----------|---------|-----------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| Aksi Tetap | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 0,00 | 6936,20 | 0,00 | 1094,62 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 4763,52 | 0,00 | -103,68 |
| Beban Gempa (x) | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 2764,68 | 0 | 0 | 0,000 | 11684,803 |
| Beban Struktur Bawah | 1898,67 | 0 | 0 | 0 | 8664,626 |
| Beban Aliran | | | | | |
| Beban Struktur Bawah | 28,35 | 0 | 0 | 0 | 127,575 |
| Angin | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 4663,35 | 0,00 | 11699,72 | 0,00 | 21340,37 |

Tabel 6 Kombinasi 5(y)

| jenis beban (aksi) | Gaya (kN) | | | momen-x | momen-y |
|----------------------|-----------|---------|----------|----------|---------|
| | Hx | Hy | V | (kN-m) | (kN-m) |
| Aksi Tetap | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 0,00 | 6936,20 | 0,00 | 1094,62 |
| Beban Struktur Bawah | 0,00 | 0,00 | 4763,52 | 0,00 | -103,68 |
| Beban Gempa (y) | | | | | |
| Beban Struktur Atas | 0,00 | 611,88 | 0 | 2586,092 | 0,000 |
| Beban Struktur Bawah | 0 | 420,22 | 0 | 1917,663 | 0,000 |
| Beban Aliran | | | | | |
| Beban Struktur Bawah | 28,35 | 0 | 0 | 0 | 127,575 |
| Beban Gempa (x) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 0,00 | 1032,10 | 11699,72 | 4503,76 | 990,94 |

2. Grafik Daya Dukung Tanah Meyerhoff-Bazarra



Gambar 1 Grafik Daya Dukung Tanah BH-3

“halaman ini sengaja dikosongkan”



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIK,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

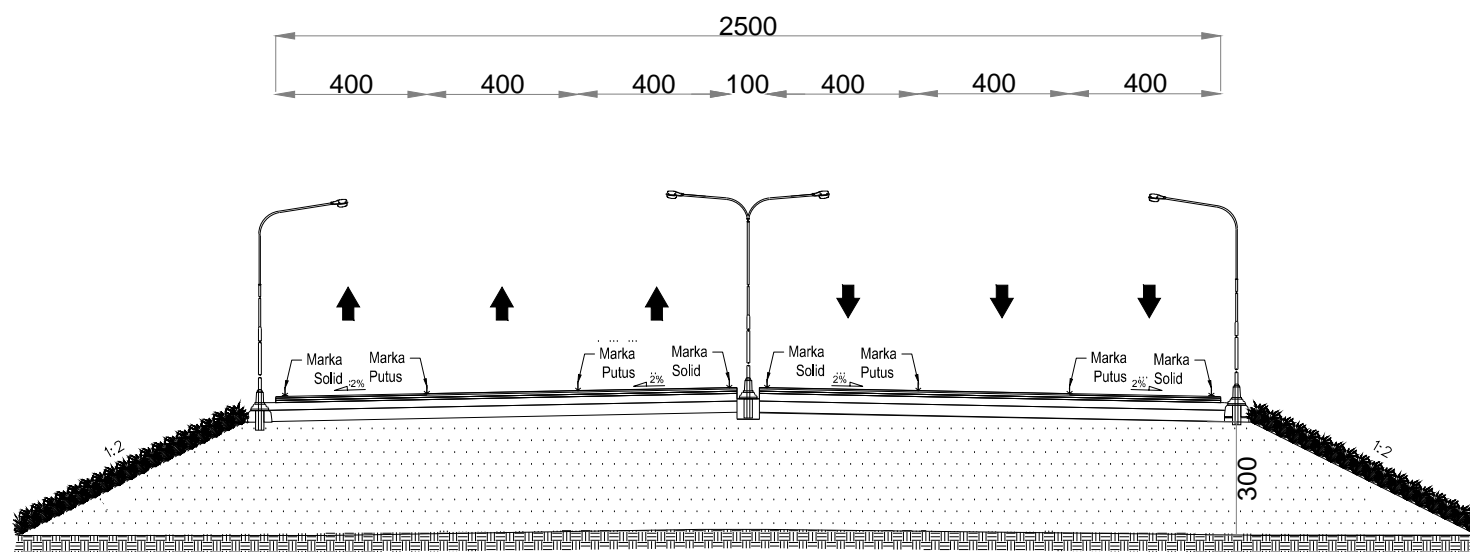
RENCANA POTONGAN
MELINTANG TIMBUNAN
JALAN

NO. GAMBAR

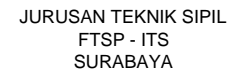
1

25

CATATAN



 **POTONGAN MELINTANG JALAN**
SKALA 1:200



PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

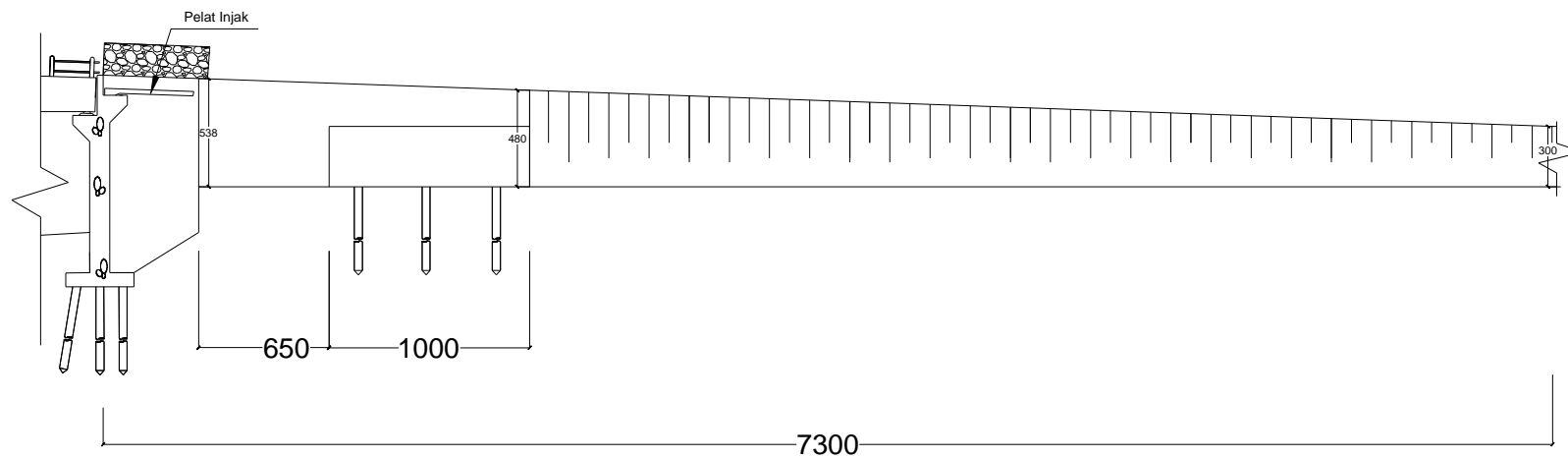
Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

RENCANA POTONGAN MEMANJANG OPRIT 2

25

POTONGAN MEMANJANG OPRIT 2
SKALA 1:370





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

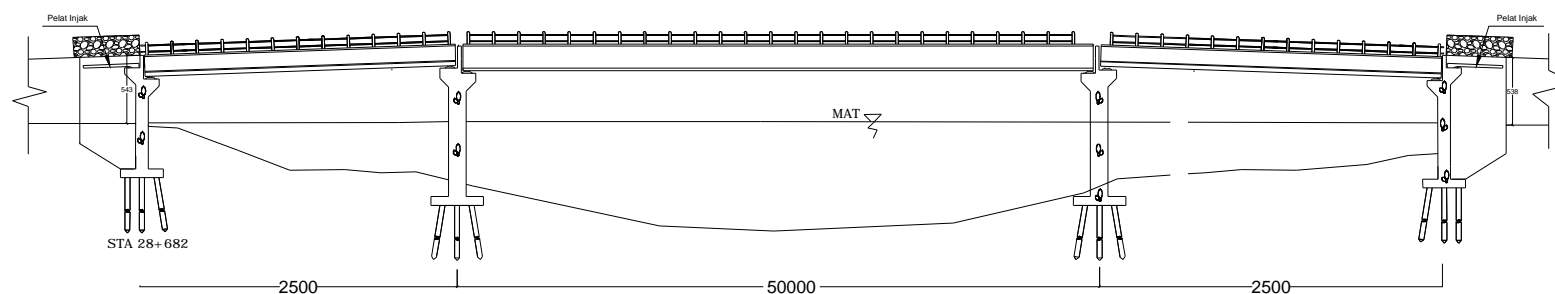
RENCANA POTONGAN
MEMANJANG OPRIT 2

NO. GAMBAR

4

25

CATATAN



POTONGAN MEMANJANG JEMBATAN
SKALA 1:600



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

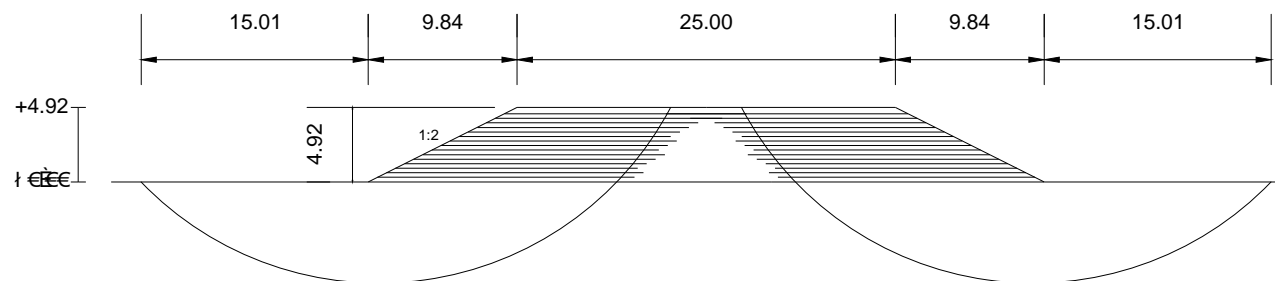
POTONGAN MELINTANG
TIMBUNAN JALAN DENGAN
GEOTEXTILE

NO. GAMBAR

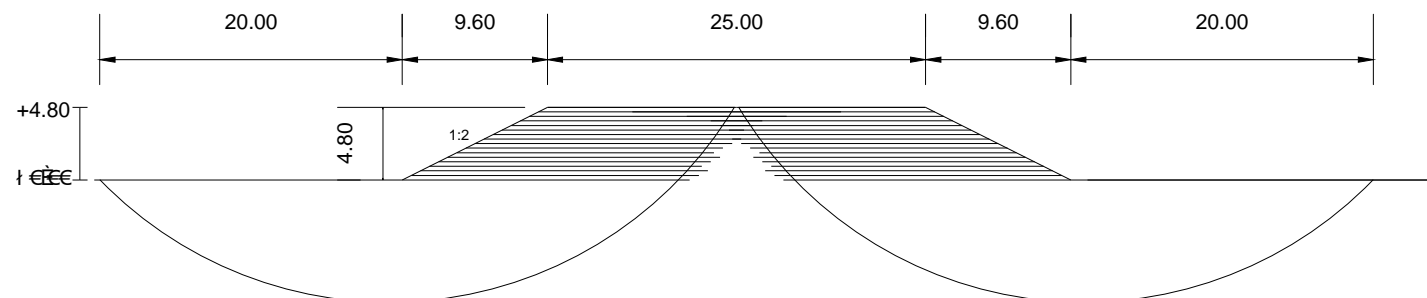
5

25

CATATAN



POTONGAN MELINTANG JALAN SEBELUM SUNGAI
SKALA 1:500



POTONGAN MELINTANG JALAN SETELAH SUNGAI
SKALA 1:500



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

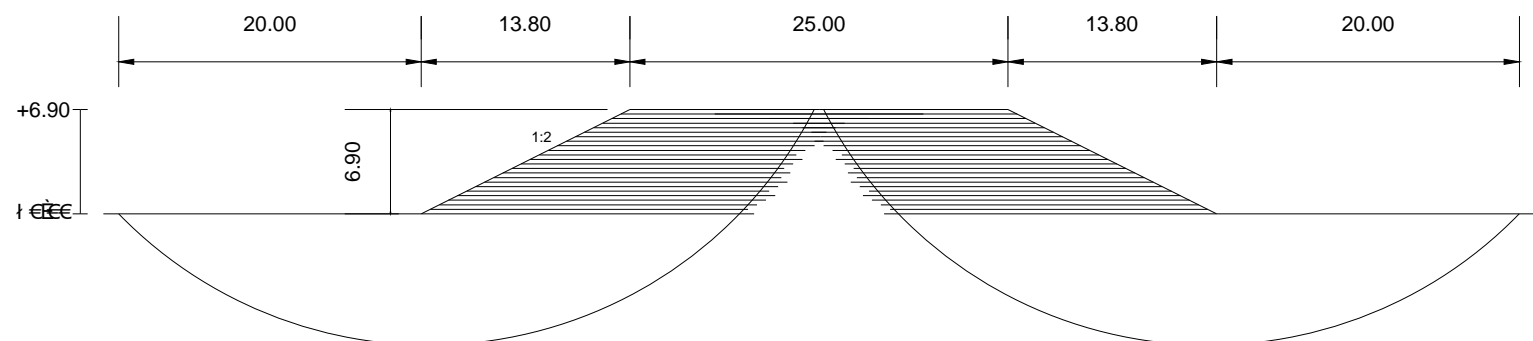
POTONGAN MELINTANG
TIMBUNAN OPRIT DENGAN
GEOTEXTILE

NO. GAMBAR

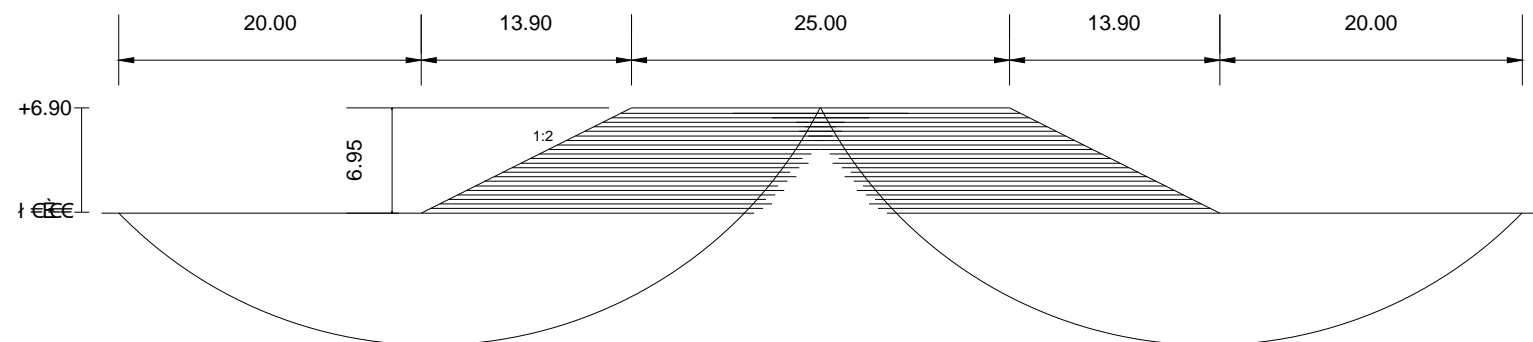
6

25

CATATAN



 POTONGAN MELINTANG OPRIT SEBELUM SUNGAI
SKALA 1:500



 POTONGAN MELINTANG OPRIT SETELAH SUNGAI
SKALA 1:500



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

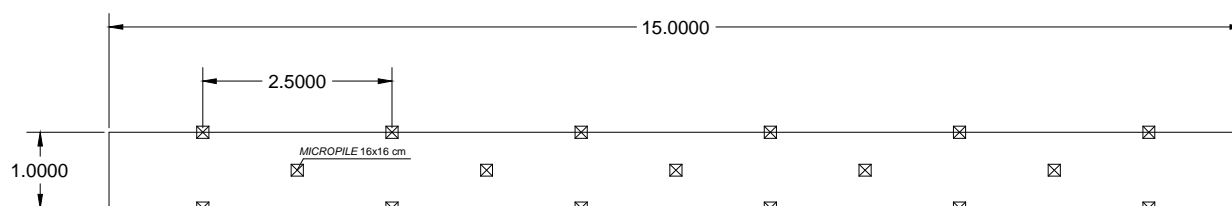
POTONGAN MELINTANG
TIMBUNAN JALAN DENGAN
MICROPILE

NO. GAMBAR

7

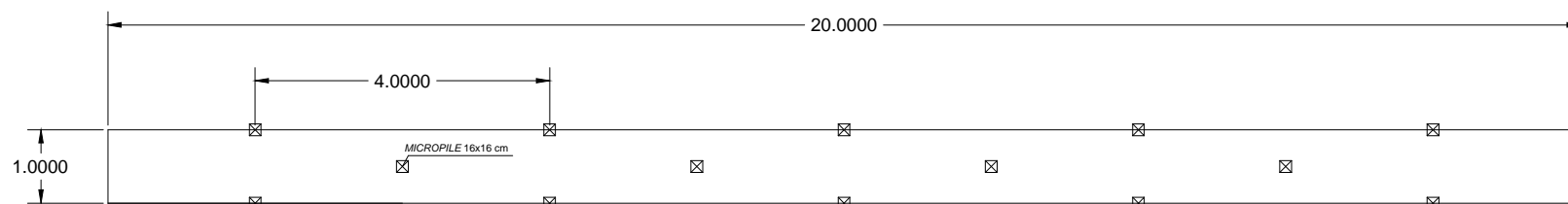
25

CATATAN



POTONGAN MELINTANG JALAN DENGAN *MICROPILE*
SEBELUM SUNGAI

SKALA 1:100



POTONGAN MELINTANG JALAN DENGAN *MICROPILE*
SETELAH SUNGAI

SKALA 1:100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

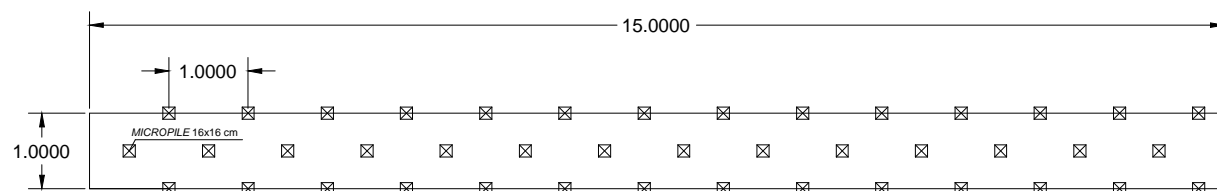
POTONGAN MELINTANG
SEBELUM SUNGAI

NO. GAMBAR

8

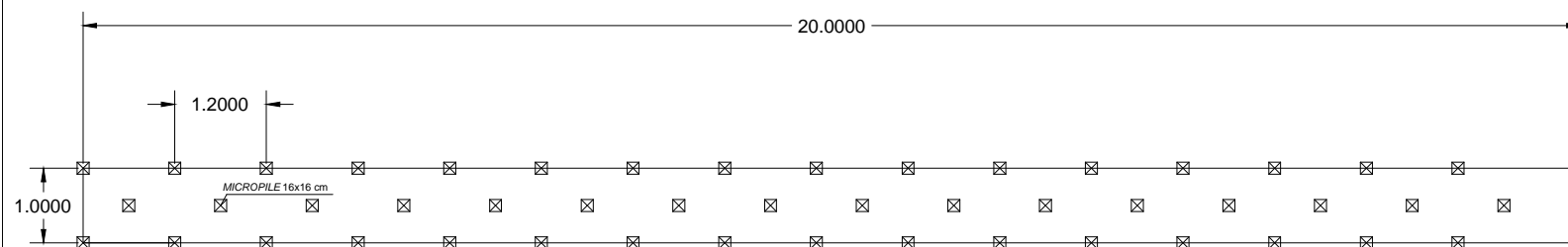
25

CATATAN



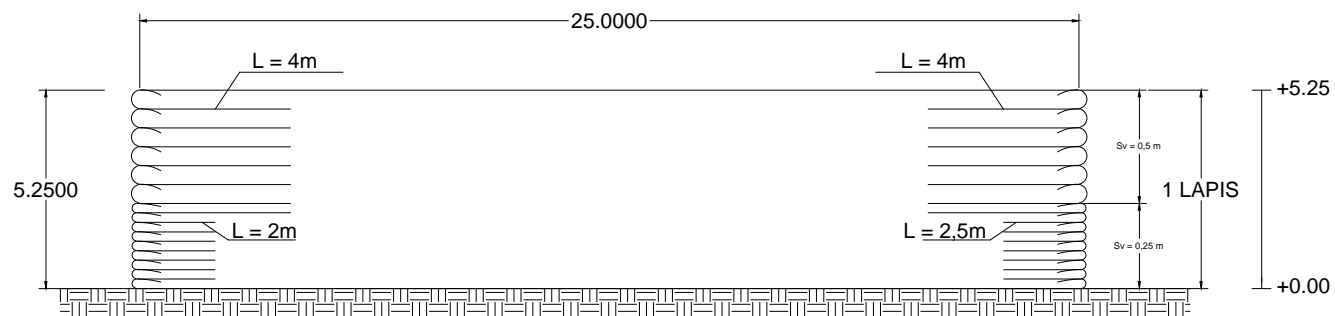
POTONGAN MELINTANG OPRIT DENGAN *MICROPILE*
SEBELUM SUNGAI

SKALA 1:100



POTONGAN MELINTANG OPRIT DENGAN *MICROPILE*
SETELAH SUNGAI

SKALA 1:100



POTONGAN MELINTANG TIMBUNAN TEGAK DENGAN *GEOTEXTILE WALL*
SEBELUM SUNGAI

SKALA 1:200



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

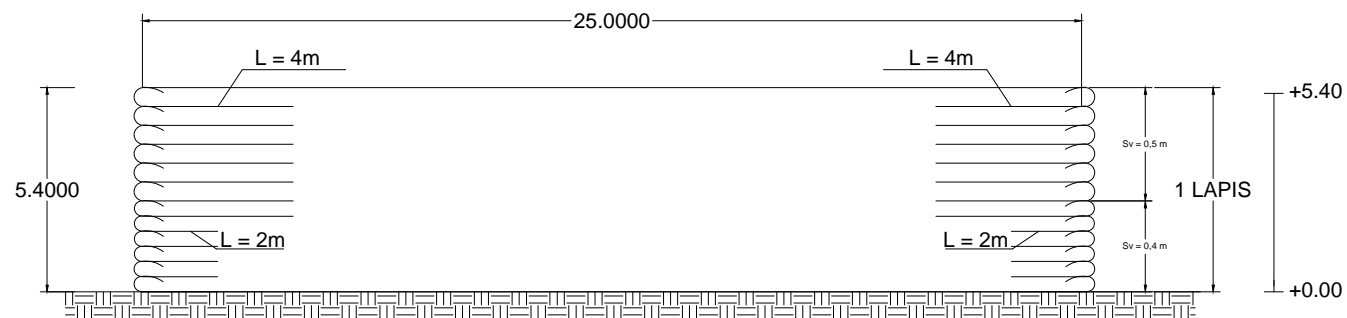
POTONGAN MELINTANG
SEBELUM SUNGAI

NO. GAMBAR

9

25

CATATAN



POTONGAN MELINTANG TIMBUNAN TEGAK DENGAN *GEOTEXTILE WALL*
SETELAH SUNGAI

SKALA 1:200



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDianto 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

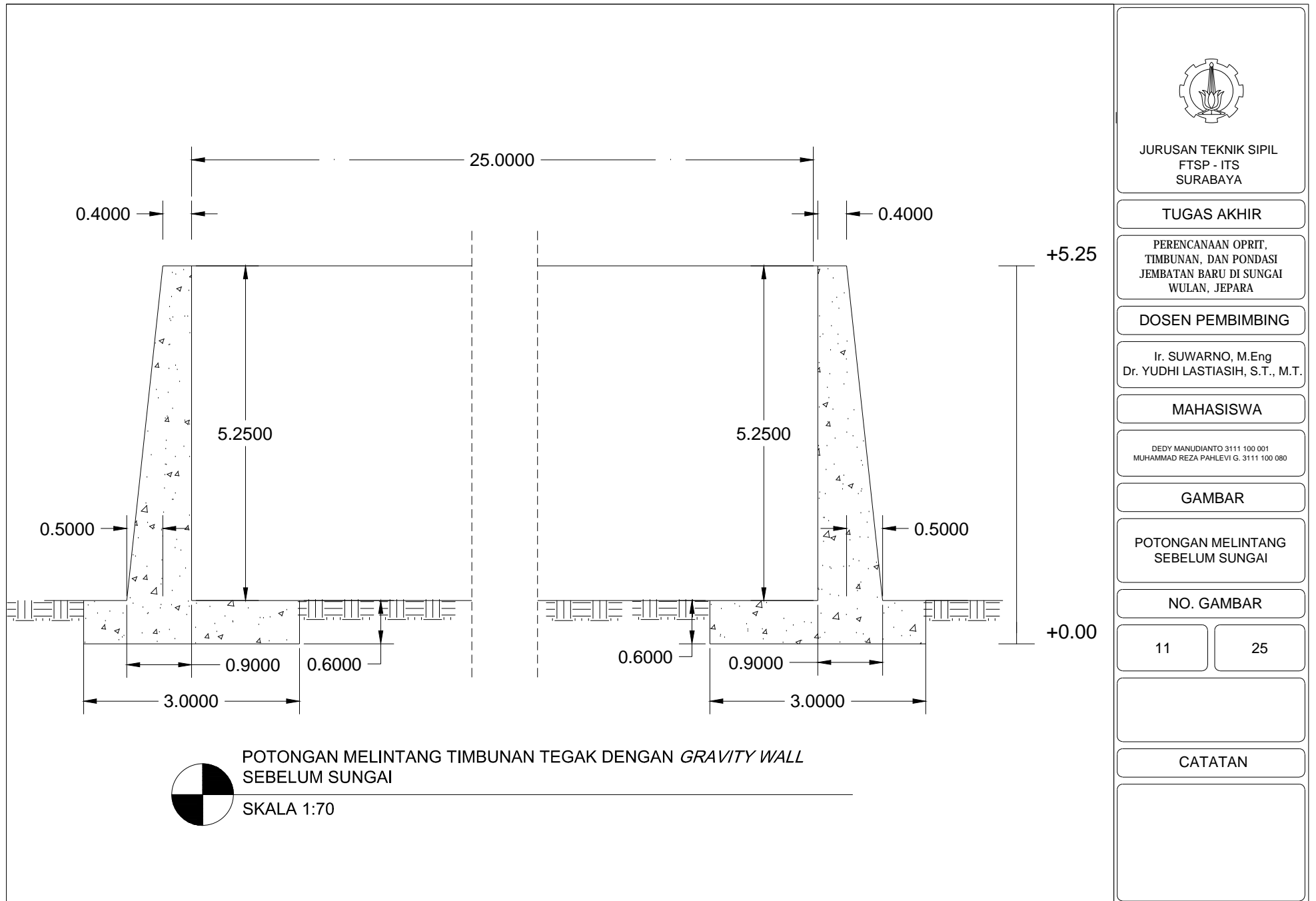
POTONGAN MELINTANG
SETELAH SUNGAI

NO. GAMBAR

10

25

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

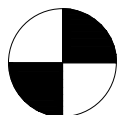
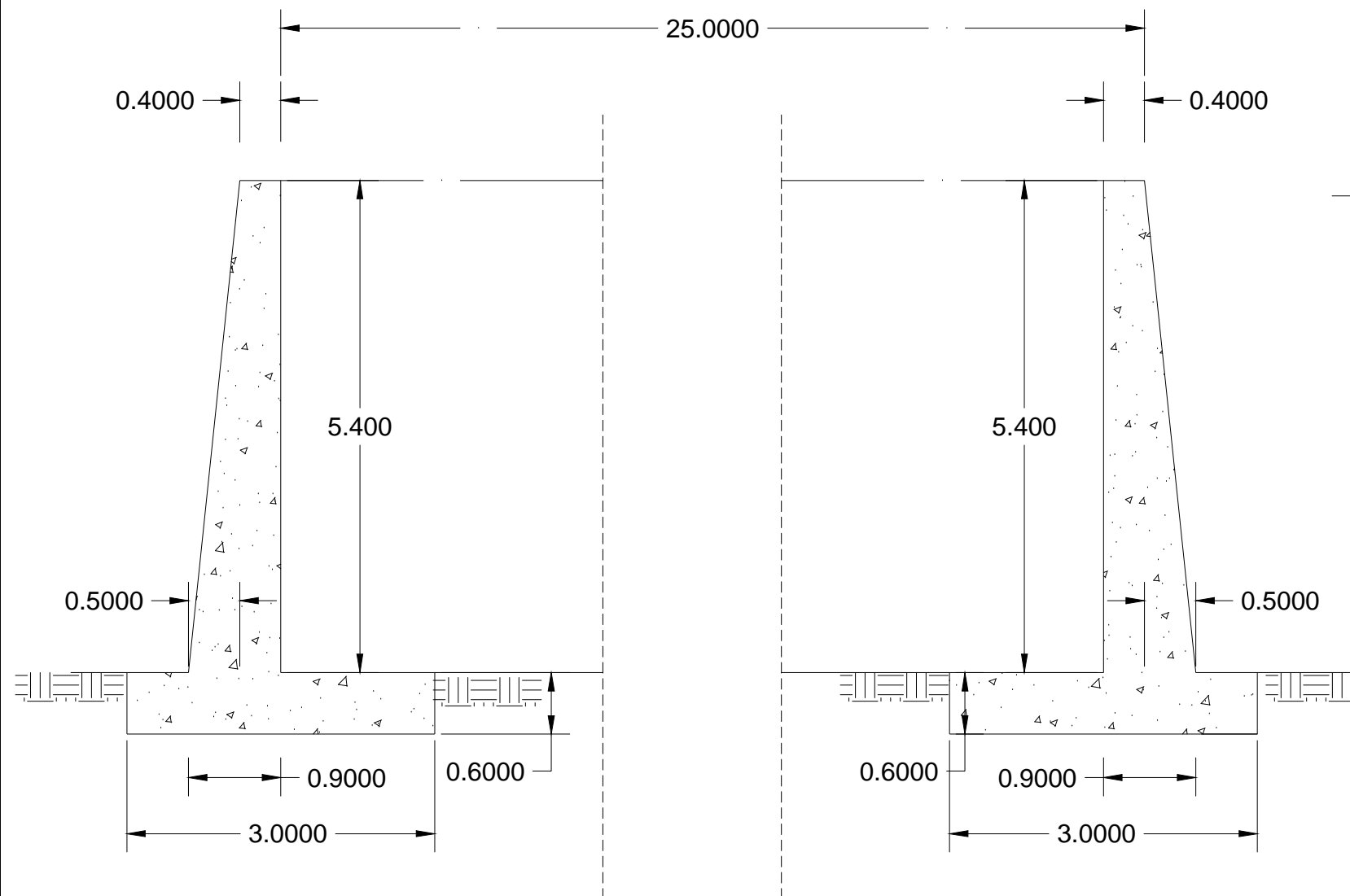
POTONGAN MELINTANG
SEBELUM SUNGAI

NO. GAMBAR

11

25

CATATAN



POTONGAN MELINTANG TIMBUNAN TEGAK DENGAN *GRAVITY WALL*
SETELAH SUNGAI

SKALA 1:60



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

POTONGAN MELINTANG
SETELAH SUNGAI

NO. GAMBAR

12

25

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

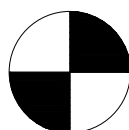
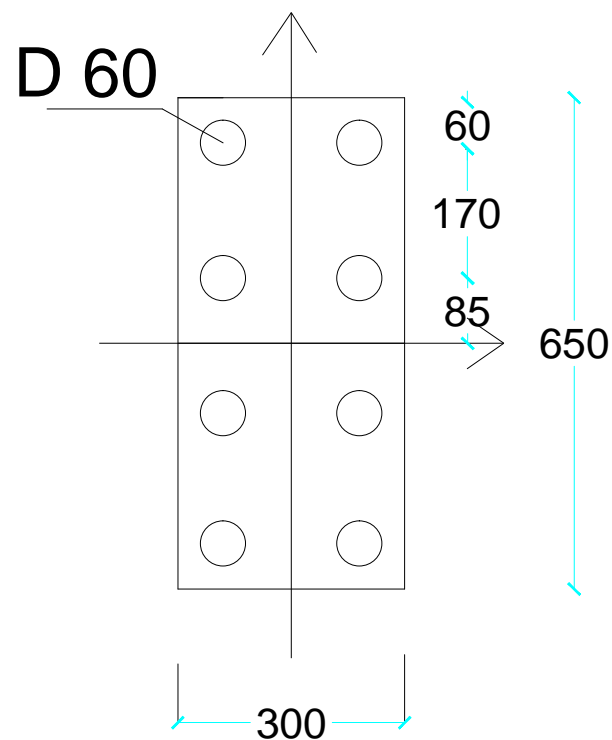
DENAH TIANG PANCANG
GRAVITY WALL SEBELUM
SUNGAI

NO. GAMBAR

13

25

CATATAN



DENAH TIANG PANCANG *GRAVITY WALL*
SETELAH SUNGAI

SKALA 1:100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

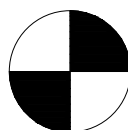
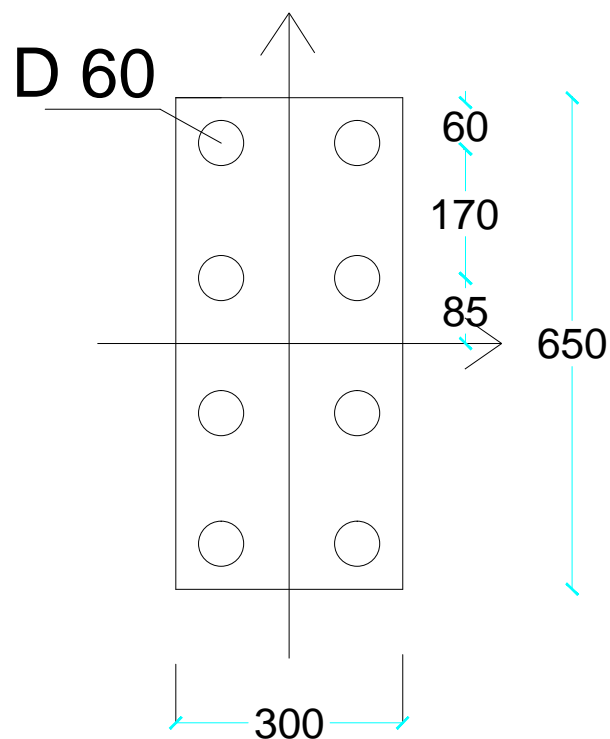
DENAH TIANG PANCANG
GRAVITY WALL SETELAH
SUNGAI

NO. GAMBAR

14

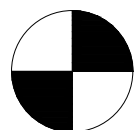
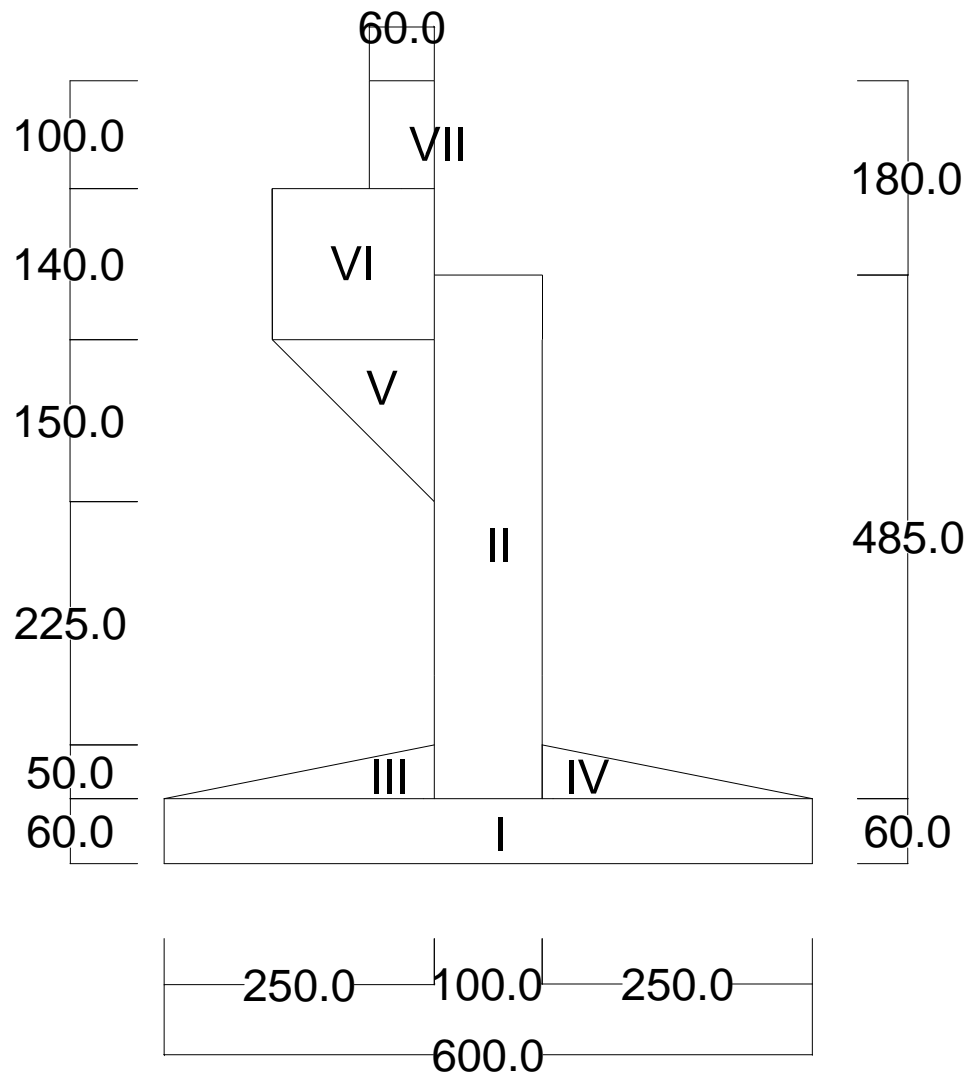
25

CATATAN



DENAH TIANG PANCANG *GRAVITY WALL*
SETELAH SUNGAI

SKALA 1:100



DIMENSI ABUTMENT
SEBELUM SUNGAI

SKALA 1:70



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

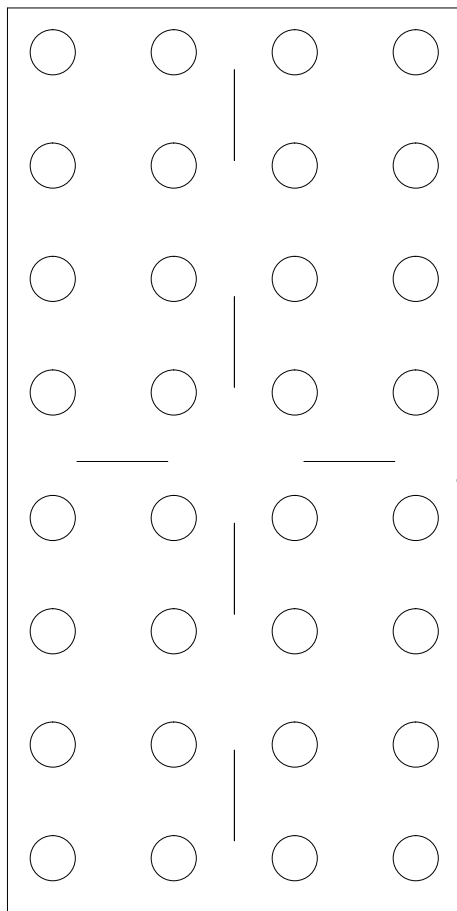
DIMENSI ABUTMENT
SEBELUM SUNGAI

NO. GAMBAR

15

25

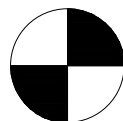
CATATAN



80.0
240.0

75.0
225.0
375.0
525.0

x



DENAH TIANG PANCANG ABUTMENT
SEBELUM SUNGAI

SKALA 1:100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

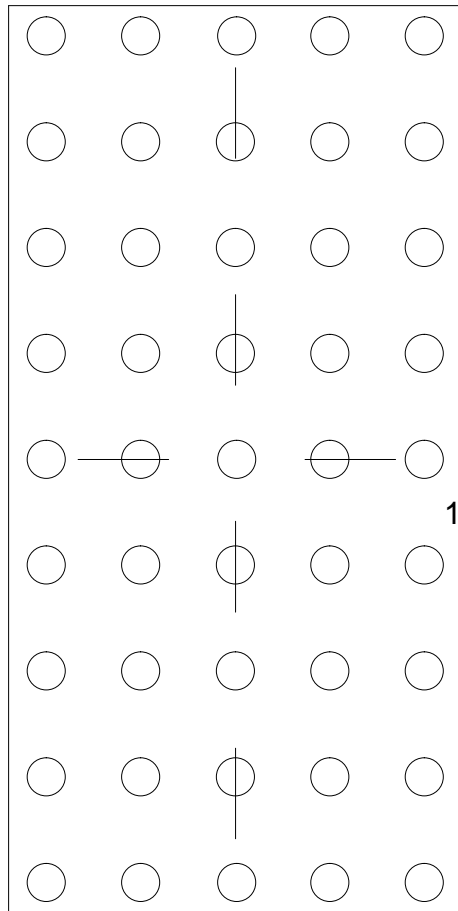
DENAH TIANG PANCANG
ABUTMENT
SEBELUM SUNGAI

NO. GAMBAR

17

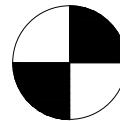
25

CATATAN



140.0
280.0
420.0
560.0

125.0
250.0



DENAH TIANG PANCANG ABUTMENT SETELAH SUNGAI

SKALA 1:100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

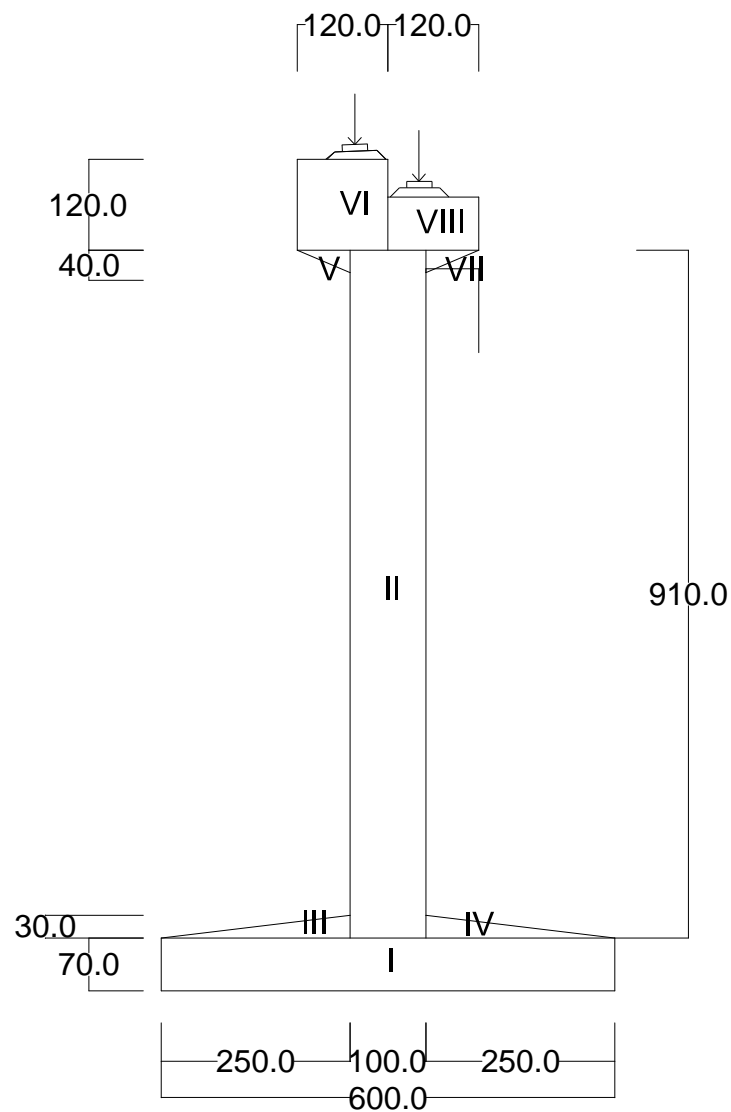
DENAH TIANG PANCANG
ABUTMENT
SETELAH SUNGAI

NO. GAMBAR

18

25

CATATAN



DIMENSI PILAR

SKALA 1:100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIK,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

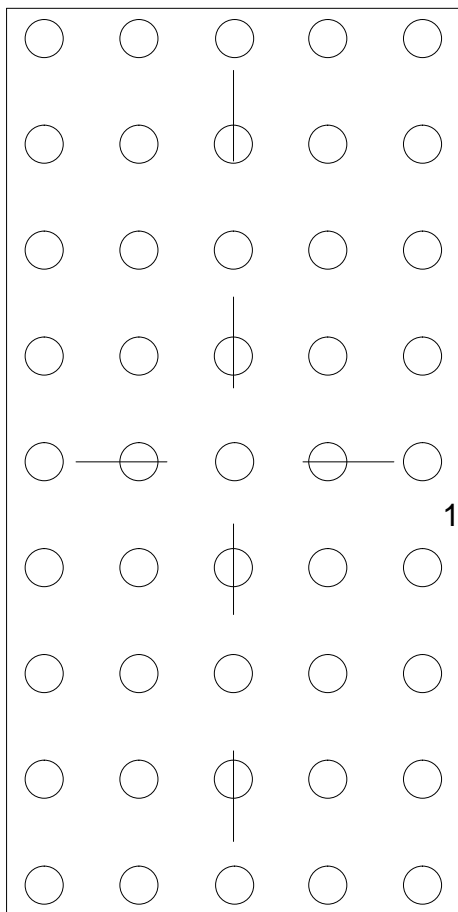
DIMENSI PILAR

NO. GAMBAR

19

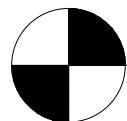
25

CATATAN



140.0
280.0
420.0
560.0

125.0
250.0



DENAH TIANG PANCANG PILAR

SKALA 1:100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

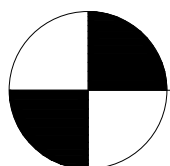
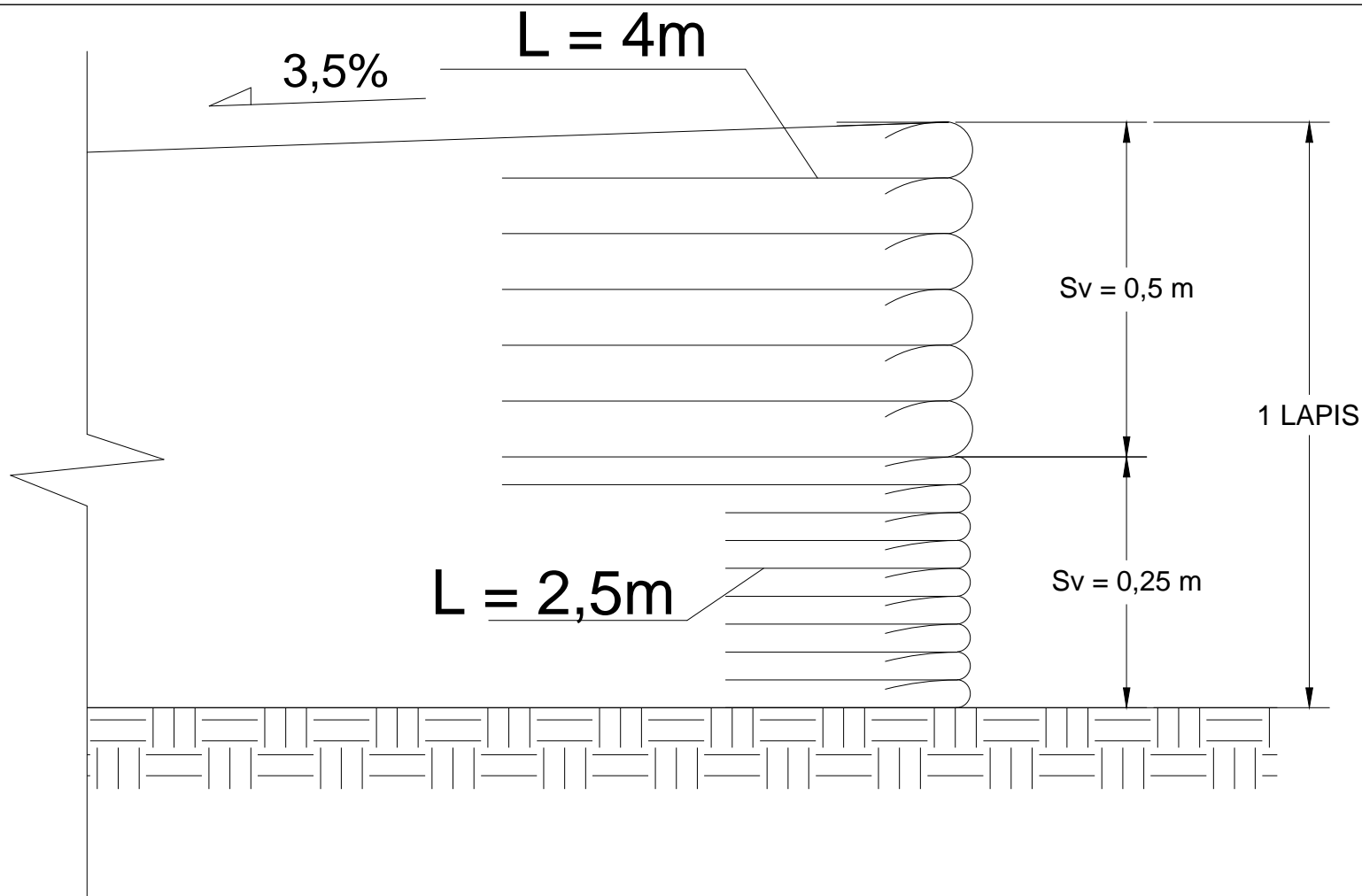
DENAH TIANG PANCANG
PILAR

NO. GAMBAR

20

25

CATATAN



POTONGAN MEMANJANG PERKUATAN LONGITUDINAL
SEBELUM SUNGAI

SKALA 1:60



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

PERKUATAN LONGITUDINAL
SEBELUM SUNGAI

NO. GAMBAR

21

25

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

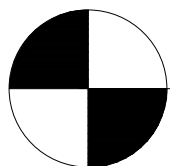
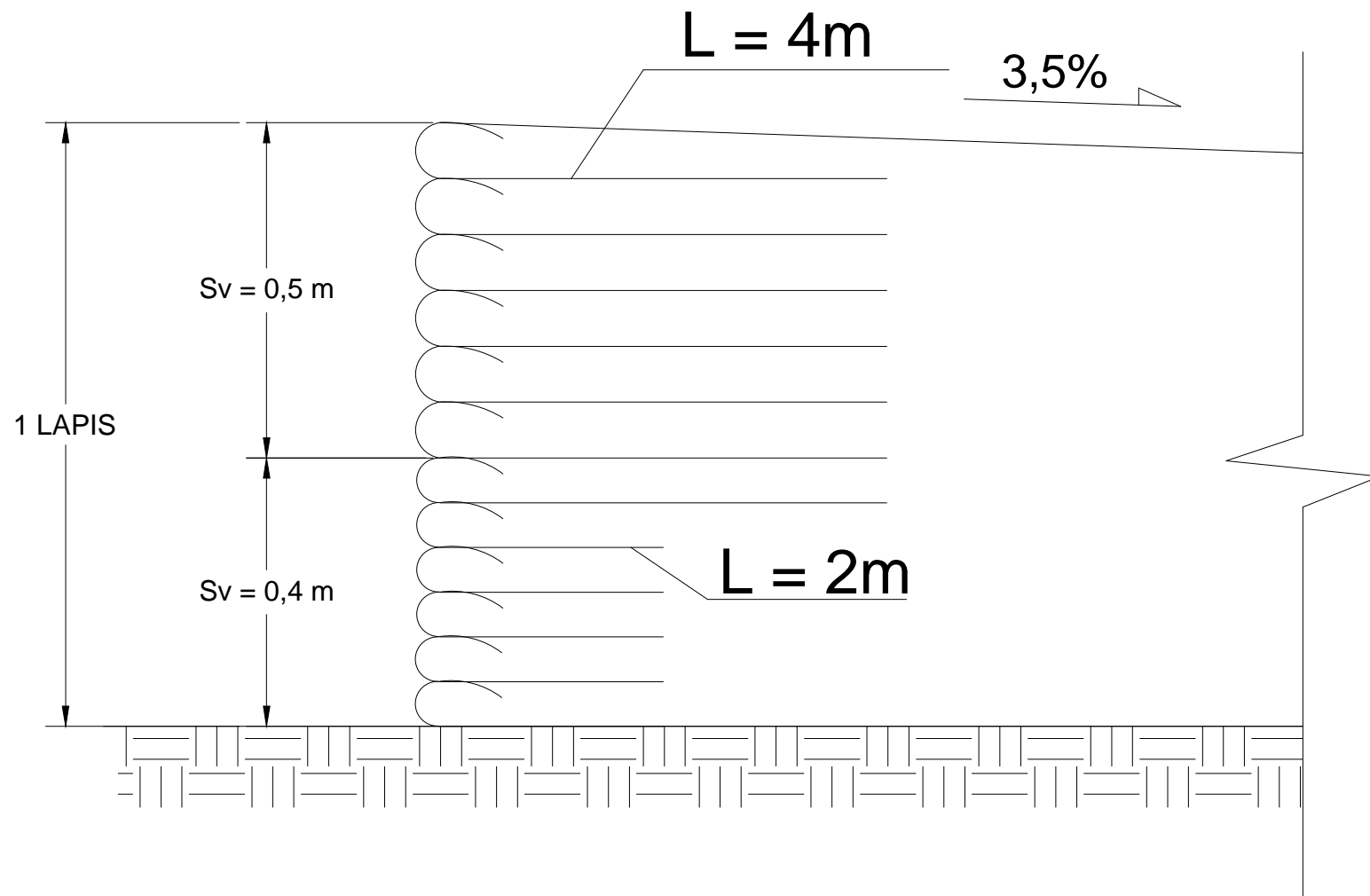
PERKUATAN LONGITUDINAL
SETELAH SUNGAI

NO. GAMBAR

22

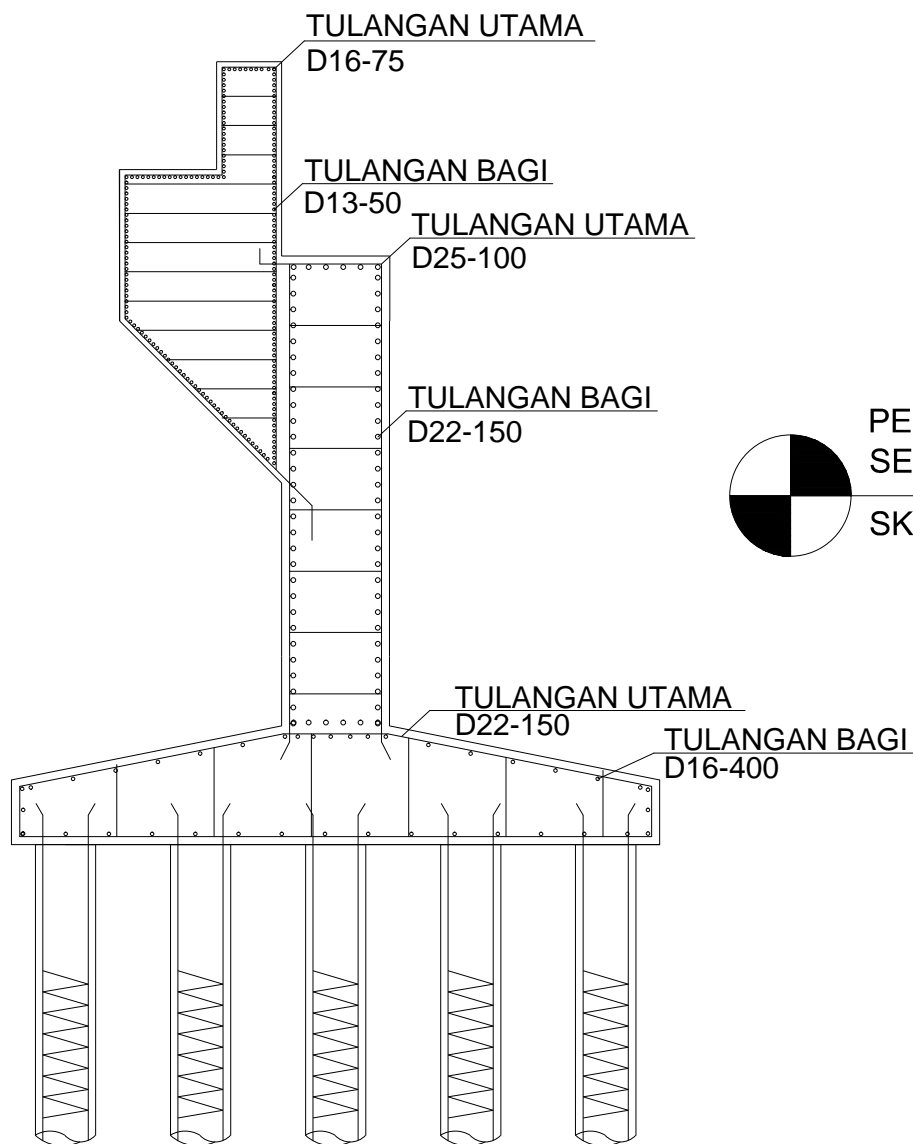
25

CATATAN



POTONGAN MEMANJANG PERKUATAN LONGITUDINAL
SETELAH SUNGAI

SKALA 1:60



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

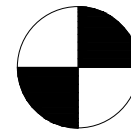
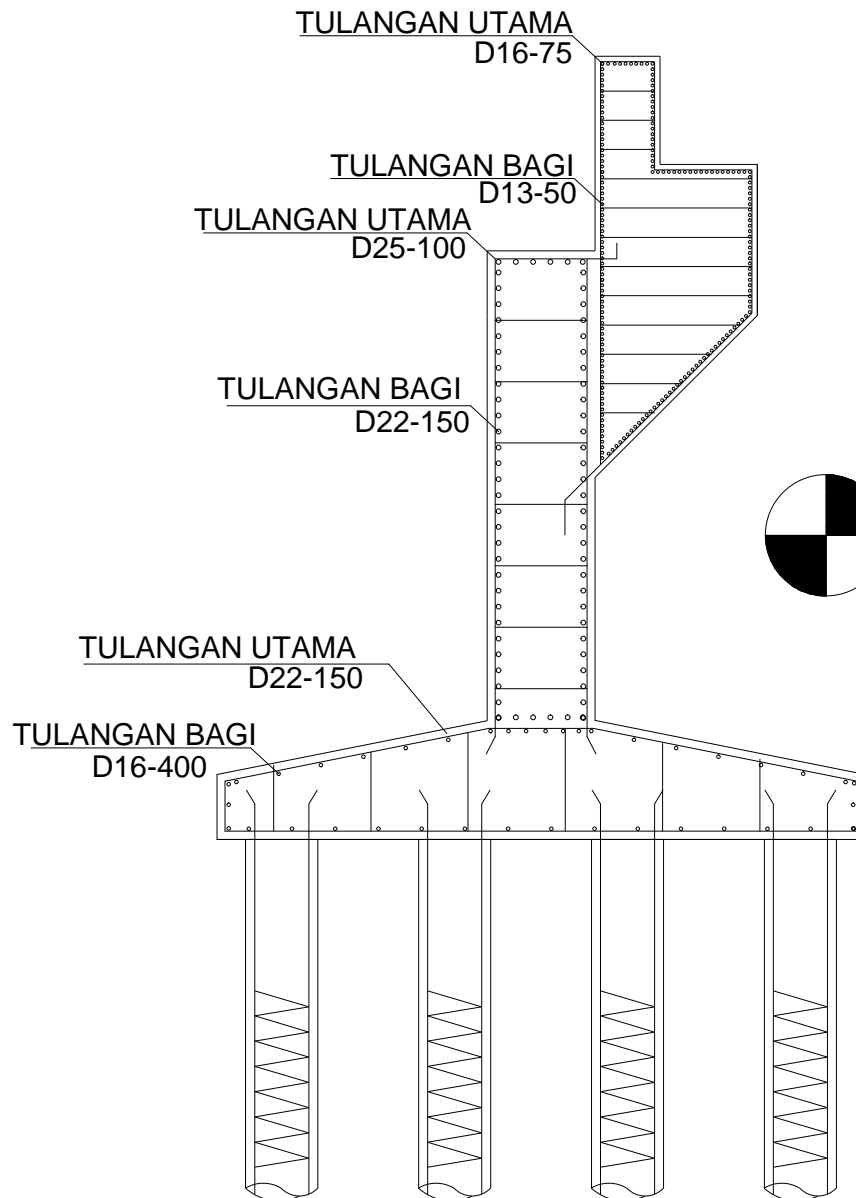
PENULANGAN ABUTMENT
SEBELUM SUNGAI

NO. GAMBAR

23

25

CATATAN



PENULANGAN ABUTMENT
SETELAH SUNGAI

SKALA 1:70



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

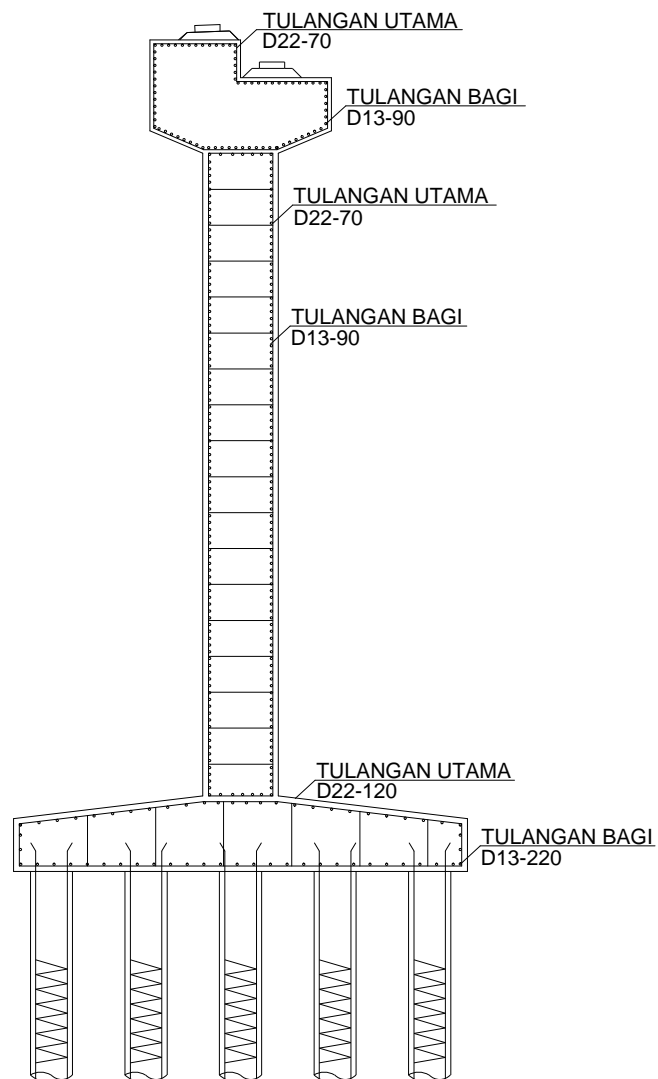
PENULANGAN ABUTMENT
SETELAH SUNGAI

NO. GAMBAR

24

25

CATATAN



PENULANGAN PILAR

SKALA 1:100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN OPRIT,
TIMBUNAN, DAN PONDASI
JEMBATAN BARU DI SUNGAI
WULAN, JEPARA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUWARNO, M.Eng
Dr. YUDHI LASTIASIH, S.T., M.T.

MAHASISWA

DEDY MANUDIANTO 3111 100 001
MUHAMMAD REZA PAHLEVI G. 3111 100 080

GAMBAR

PENULANGAN PILAR

NO. GAMBAR

25

25

CATATAN

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|------------|--|-----|
| Lampiran 1 | Data Perencanaan | 173 |
| Lampiran 2 | Tabel Perhitungan Timbunan Trapesium Sebelum Sungai | 187 |
| Lampiran 3 | Contoh Perhitungan Timbunan Tegak Sebelum Sungai..... | 197 |
| Lampiran 4 | Tabel Perhitungan Abutment..... | 205 |
| Lampiran 5 | Tabel Perhitungan Pilar | 211 |
| Lampiran 6 | Hasil Gambar Perencanaan..... | 215 |

BIODATA PENULIS I



Penulis lahir di Tulung Agung, pada tanggal 30 Desember 1993 dengan nama lengkap Dedy Manudianto. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh oleh penulis yaitu TK Aisyah Bustanul Atfal (ABA) I Denpasar, SD Muhammadiyah I Denpasar, SMP Negeri 2 Denpasar, SMA Negeri 4 Denpasar. Setelah lulus dari SMA Negeri 4 Denpasar, penulis mengikuti SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi

Negeri) dan diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP. 3111100039.

Selama berkuliah di Jurusan Teknik Sipil ITS, penulis sangat tertarik pada Bidang Geoteknik, terutama pada perencanaan stabilitas. Penulis sempat aktif pada organisasi Himpunan Mahasiswa Sipil (HMS), kepanitiaan di lingkup institut, dan grader mata kuliah Mekanika Tanah dan Pondasi.

BIODATA PENULIS II



Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 10 Desember 1993, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Jami'at Kheir – Jakarta, SD Islam Al-Azhar 8 Kembangan – Jakarta, SMP Islam Al-Azhar 10 Kembangan – Jakarta dan SMA Islam Al-Azhar 1 Kebayoran Lama – Jakarta. Pasca lulus dari SMA Islam Al-Azhar 1 Jakarta, penulis melanjutkan jenjang pendidikan di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP 3111100080.

Di akhir masa perkuliahan di teknik sipil ini, penulis mengambil tugas akhir di bidang geoteknik. Penulis juga turut aktif di berbagai kegiatan yang diselenggarakan oleh jurusan, fakultas, maupun institut. Penulis dapat dihubungi melalui *email* reviguntur@gmail.com